

PRESCRIÇÃO DE ATIVIDADES FÍSICAS ATRAVÉS DO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

POR



UFSC-BU

VANESSA LINS FRANCALACCI DELPIZZO

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO**

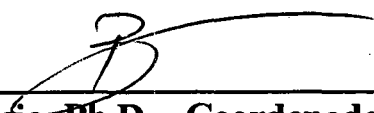
Dezembro/97



PRESCRIÇÃO DE ATIVIDADES FÍSICAS ATRAVÉS DO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

VANESSA L. FRANCALACCI DELPIZZO

**Dissertação Aprovada como requisito parcial para a obtenção do título
de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
da Universidade Federal de Santa Catarina**



Ricardo M. Barcia, Ph.D. - Coordenador do Programa

Banca Examinadora:



Alejandro Martins, Dr. - Orientador



Rosina Weber , Dra. - Co-Orientadora



Markus V. Nahas, Ph.D. - Membro



Rogerio Cid Bastos, Dr. - Membro

**Ao meu marido *Danilo*, que acompanhou
passo a passo esta árdua caminhada e
incentivou a prosseguir com meus ideais**

AGRADECIMENTOS

**Minha eterna gratidão à todas as pessoas que contribuíram
para que esta etapa da minha vida fosse concluída, em
especial:**

Alejandro Martins,

Rosina Weber,

Marcelo Eduardo de Oliveira;

Markus V. Nahas;

Colegas do NuPAF;

Denise M. Martins;

Minha Família;

CNPq.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
 1. INTRODUÇÃO.....	 1
1.1. APRESENTAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. OBJETIVO GERAL	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3. JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO	3
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	6
 2. DOMÍNIO DO TRABALHO.....	 7
2.1. ASPECTOS BIOLÓGICOS DA ATIVIDADE FÍSICA	7
2.1.1. INTRODUÇÃO	7
2.1.2. BIOENERGÉTICA	7
2.1.3. ATIVIDADES AERÓBICAS X ATIVIDADES ANAERÓBICAS	10
2.1.4. EFEITOS DA PRÁTICA DE ATIVIDADES FÍSICAS SOBRE O ORGANISMO	13
2.2. MEDIDAS E AVALIAÇÃO PARA A PRESCRIÇÃO DE ATIVIDADES FÍSICAS	16
2.2.1. PRESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES FÍSICAS EM SITUAÇÕES NORMAIS	20
2.2.2. PERSPECTIVAS ATUAIS NA PRESCRIÇÃO DE ATIVIDADES FÍSICAS	24
2.3. ERGONOMIA E A PRESCRIÇÃO DE ATIVIDADES FÍSICAS: QUALIDADE DE VIDA ALIADA À MAIOR PRODUTIVIDADE	25
 3. RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS.....	 27
3.1. EVOLUÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	27
3.2. DEFINIÇÃO DE RBC	29
3.3. HISTÓRICO DE RBC	31
3.4. O CASO	32
3.5. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE RBC	33
3.5.1. REPRESENTAÇÃO DOS CASOS	33
3.5.2. RECUPERAÇÃO DO CASO	36
3.5.3. ADAPTAÇÃO	38
3.5.4. APRENDIZAGEM	38
3.6. VALIDAÇÃO	39
3.7. APLICAÇÕES	40
3.8. REPRESENTAÇÃO DO RACIOCÍNIO EM RBC	41

3.9. RESUMO DAS VANTAGENS DO RBC	43
4. IMPLEMENTAÇÃO DE RBC NA PRESCRIÇÃO DE ATIVIDADES FÍSICAS	45
4.1. INTRODUÇÃO	45
4.2. SISTEMAS ESPECIALISTAS	45
4.3. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA	45
4.3.1. MODELAGEM DOS CASOS	46
4.3.2. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DOS CASOS	48
4.3.3. NATUREZA DOS ATRIBUTOS	48
4.4. RECUPERAÇÃO/ADAPTAÇÃO	49
4.5. RESULTADOS	51
5. APLICAÇÃO	52
5.1. INTRODUÇÃO	52
5.2. REPRESENTAÇÃO DOS CASOS	53
5.3. MÓDULO DE RECUPERAÇÃO	53
5.3.1. INDEXAÇÃO	54
5.3.2. AVALIAÇÃO DA SIMILARIDADE	55
5.3.3. MÉTRICA DA SIMILARIDADE	58
5.4. REUTILIZAÇÃO	60
5.5. MÓDULO DE INTERFACE	60
6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	64
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
8. ANEXO 1 - DESCRIÇÃO DE UM CASO	72
9. ANEXO 2 - DEFINIÇÃO DE TERMOS	80

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 – Ciclo do RBC.....	31
2 - Estrutura criada para se guardar a similaridade.....	59
3 – Tela dos casos mais similares ordenados pela similaridade.....	59
4 – Tela inicial do protótipo.....	60
5 – Gerenciador dos casos de entrada.....	61
6 – Apresenta os casos recuperados para o caso de entrada escolhido.....	62
7 – Formulário de prescrição de exercício para o caso recuperado escolhido.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 - Aumento e diminuição de parâmetros decorrentes da atividade física (FITCOR, 1997).....	13
2 - Contra-Indicações Relativas e Absolutas para a Prática de Atividades Físicas.....	18
3 - Evidências recentes a respeito da prescrição de exercícios para adultos saudáveis: (Skinner, 1996).....	21
4 - Recomendações de Instituições Internacionais sobre Prescrição de Exercício para Aptidão Física.....	22
5 - Comparação das Técnicas Inteligentes.....	28
6 - Valores Similares Criados para o Cálculo da Similaridade do atributo idade na faixa 1.....	56
7 - Valores Similares Criados para o Cálculo da Similaridade do atributo idade nas faixas 2,3,4 e 5.....	56
8 - Valores Similares Criados para o Cálculo da Similaridade do atributo IMC.....	57
9 - Pesos atribuídos aos índices.....	58

RESUMO

O mercado oferece alternativas computacionais para avaliação e prescrição de atividades físicas através de técnicas de Banco de Dados relacionais, onde as buscas são realizadas através de palavras-chaves, ineficientes no que se refere ao encontro de casos realmente similares. Haja vista que os sistemas de Banco de Dados não garantem abrangência e eficiência na recuperação, limitando-se em verificar as ocorrências de palavras na base de dados. Na tentativa de superar estas limitações, o presente trabalho teve como objetivo principal a implementação de um protótipo visando a informatização de tarefas do profissional de Educação Física, de grande relevância, utilizando uma técnica da área da Inteligência Artificial (IA) denominada Raciocínio Baseado em Casos (RBC). O conteúdo descritivo deste trabalho realiza uma explanação do domínio do problema, demonstra esforços computacionais empregados para a modelagem dos dados originais em base de casos, fornece uma visão geral da técnica empregada (RBC) no desenvolvimento do protótipo, ilustrando as várias etapas compreendidas pela técnica de RBC, de acordo com os resultados obtidos pelo protótipo. A ferramenta utilizada no desenvolvimento do protótipo foi o ambiente de desenvolvimento de aplicações direcionado à programação visual, Delphi, que utiliza a linguagem Object Pascal. Esta ferramenta mostrou-se bastante eficaz assimilando as técnicas de RBC, sem apresentar nenhuma incompatibilidade. Os exemplos apresentados no presente trabalho demonstram o êxito do desenvolvimento do protótipo, tanto com relação as ferramentas utilizadas como com relação à técnica de RBC.

ABSTRACT

The market offers systems to evaluation and physical activity prescription through relational databases that use keyword search. It is known that simple keyword search offer problems concerning efficiency and precision of recall. Trying to overcome these problems, the present work had the main purpose of implementation a prototype aiming at the automatic tasks of physical education professional, using a technique of Artificial Intelligence (AI) called Case-Based Reasoner (CBR). The written part of this work has the purpose of explanation the domain of the problem, demonstrating the computer efforts used for modeling the original data in case base, describing also a general look at the technique used (CBR) for developing this prototype, illustrating all the fases with the results. The Computer Science technique employed is the visual application development environment from Delphi that uses Objetc Pascal and the database chosen in implementing the CBR architecture. The examples that are illustrated in the present work demonstrate the success of the prototype, opening a new trend to efficient physical activity evaluation and prescription.

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

A Inteligência Artificial é um importante passo no caminho da automação da tarefa de prescrever atividades físicas. Esta dissertação propõe-se a utilizar a Inteligência Artificial (IA) para automatizar a tarefa de prescrição de atividades físicas. Este trabalho é o resultado das pesquisas em Inteligência Artificial do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas e das vivências práticas propiciadas pelo Núcleo de Pesquisa em Atividade Física & Saúde (NuPAF) do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina.

Inteligência Artificial pode ser definida como “o campo de estudo da ciência que persegue a meta de fazer o raciocínio do computador similar ao raciocínio humano” (Durkin, 1994).

O nascimento da IA foi marcado pelo workshop patrocinado pela IBM, quando, em 1956, os cientistas focalizavam seus esforços no sentido de discutir a respeito de como simular o raciocínio humano através do computador (Durkin, 1994).

O objetivo de desenvolver modelos e sistemas capazes de emular aspectos do comportamento inteligente do ser humano existe desde o surgimento dos primeiros computadores. Os pesquisadores da Ciência da Computação vêm utilizando características do ser humano, como memória, aprendizado, raciocínio dedutivo e raciocínio analógico modelando-os ao longo das últimas três décadas em diferentes ferramentas da Inteligência Artificial (IA).

Inteligência Artificial (IA) é a parte da Ciência da Computação que se destina a desenvolver programas inteligentes para computadores. Para tornar isto possível, os cientistas da Inteligência Artificial desenvolveram programas que contém conhecimento sobre determinada área, denominados de Sistemas Especialistas (SE).

O processo de desenvolvimento de um SE é chamado de Engenharia do Conhecimento. Este processo consiste na seguinte tarefa: o engenheiro do conhecimento deve extrair de um ou mais especialistas a metodologia de solução de determinado

problema e transferir este conhecimento para o sistema. O resultado é um programa de computador capaz de resolver problemas como especialistas humanos.

Avaliação e prescrição de atividades físicas são atribuições do profissional de Educação Física. Para que a prática de atividades físicas possa proporcionar benefícios a nível de todos os sistemas do organismo, é necessário que exista uma prescrição adequada às peculiaridades de cada indivíduo.

Para tanto, desenvolveu-se um sistema direcionado aos interessados (profissionais ou não) da Educação Física e áreas afins, que objetiva auxiliar na orientação de atividades físicas individuais, a partir de valores obtidos em testes realizados para cada variável a ser analisada.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é o de desenvolver um protótipo para automatizar a tarefa de prescrever atividades físicas, utilizando recursos da Inteligência Artificial.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Representar o raciocínio do especialista em Educação Física ao realizar o diagnóstico;
- b) Simular a tarefa do especialista em Educação Física ao realizar a prescrição para atividades físicas;
- c) Realizar uma anamnese com o usuário, detectando os pontos onde precisa intervenção ou encaminhamento para um médico especializado;
- d) Interpretar os seguintes questionários: Nível Sócio-Econômico, Prontidão para atividade física (Q-PAF) e de Hábitos de Atividade Física, bem como de outras variáveis referentes aos dados de identificação e de saúde;
- e) Interpretar os dados relacionados à composição corporal, fornecendo os seguintes resultados: percentual de gordura, IMC (índice de massa corporal), MCM (massa corporal magra), e faixa de peso recomendada.

f) Informar, através dos resultados dos testes realizados previamente pelo usuário, o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), indicar a condição cardiorrespiratória em que o mesmo se encontra e a zona alvo de treinamento para as sessões;

g) Proporcionar ao usuário a interpretação dos resultados dos testes físicos e classificação da sua condição atual;

h) Elaborar a prescrição de um programa de Atividade Física que leve em consideração as avaliações interpretadas para cada indivíduo;

1.3. JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

O interesse em temas relacionados a um estilo de vida mais saudável tem sido crescente em diversos segmentos da sociedade. Diversos locais do Brasil atualmente desenvolvem programas de atividade física com incentivo de órgãos do governo (Matsudo, 1997).

Inúmeros estudos epidemiológicos demonstram a importância de uma vida ativa para a manutenção da saúde (Paffenbarger et al, 1986; Powell et al, 1987; e Blair et al, 1989). A prática de atividades físicas regulares está relacionada com a prevenção de diversas doenças crônicas não-transmissíveis, tais como a hipertensão, diabetes, osteoporose e doenças cardiovasculares (Skinner, 1991).

Muitas empresas também contam com programas de atividade física para seus funcionários (Coca-Cola, Du Pont, Xerox, Banco de Boston, Dow Química) apostando que um funcionário mais saudável tende a faltar menos, ser mais produtivo, proporcionando conseqüentemente maior lucro e menores despesas com saúde. (Padão e Monteiro, 1992)

As últimas pesquisas apontam para a importância de se manter certos hábitos diários, independente de tratar-se de uma sessão de atividade física sistemática, tais como, utilização da escada ao invés do elevador, locomoção a pé ao lugar do transporte, enfim, de uma vida com mais movimento. Os estudiosos acreditam que isto possa ser suficiente para proteger o indivíduo das doenças proporcionadas pela hipocinesia (Skinner, 1997).

Prova do grande interesse é o surgimento de temas que há algum tempo ficavam limitados a revistas especializadas, agora sendo mensalmente editados em diversos livros e revistas populares, na busca de um esclarecimento a respeito da prática de atividades físicas,

alimentação balanceada, perda de peso, controle do estresse, enfim, não mais somente uma visão estética, mas fundamentada pela preocupação com a saúde e com mais qualidade de vida.

Porém, muitas pessoas, apesar de saberem como fazer para melhorar seu estilo de vida e das consequências disso para sua saúde, continuam agindo de forma contrária, por vários motivos, que vão desde falta de tempo, até falta de conhecimento.

Estudiosos da teoria da motivação para a prática de atividades físicas estão preocupados em saber quais os reais motivos e como fazer as pessoas transporem apenas um estágio de interesse até a prática propriamente dita. Sabe-se que apenas o avanço de um estágio já traz resultados significativos para a saúde e o bem estar. (Dishman e Sallis, 1994).

Hoje em dia, quase todas as cidades têm pelo menos uma academia, ou um clube que ofereça condições para a prática de atividades físicas. Mas, nem sempre os horários são compatíveis para a maioria das pessoas. Uma outra opção seria a pessoa praticar sozinha, em parques e ruas.

Para que os efeitos da prática de atividades físicas sejam mais consistentes e seguros, é necessário que haja uma orientação específica para cada caso, isto é, cada indivíduo tem suas peculiaridades e deve praticar atividades físicas conforme sua capacidade e interesse. As características do exercício (tipo, intensidade, frequência e duração) consideradas boas para uma pessoa podem não ser apropriadas para outra. Os riscos podem ser maiores que os benefícios, caso estes parâmetros estejam muito além das capacidades individuais.

O sistema proposto neste estudo utiliza a técnica de Raciocínio Baseado em Casos como ferramenta para avaliação, orientação e o acompanhamento de atividades físicas. A abordagem de RBC proposta no presente trabalho origina-se do fato de que esta técnica representa computacionalmente a ação humana de relembrar uma experiência anterior ao deparar-se com uma nova situação muito semelhante e conduzir a situação nova a partir da informação e conhecimento contidos na experiência passada (Weber, 1997).

Além de automatizar a tarefa de prescrever atividades físicas, a utilização de técnicas de Inteligência Artificial, em geral, proporciona benefícios muito importantes: um deles é o de captar para dentro de um sistema, o “know-how” de vários especialistas. O especialista adquire conhecimento partindo de um aprendizado formal teórico e, agregado à esta experiência, modela o conhecimento até se tornar um especialista, baseado nas limitações

das experiências vivenciadas. O poder de agregar experiências de vários especialistas, torna-se então, um dos grandes benefícios da IA.

Como consequência disto, depois de representar dentro do sistema a automatização da tarefa, pode-se também, disponibilizar este sistema para pessoas, na medida que o especialista não estiver disponível.

É importante, neste momento, esclarecer que não se objetiva a dispensa da figura do profissional, mas sim, a extensão da sua atuação, como uma memória auxiliar, na medida em que é oferecido, depois de completadas todas as fases deste protótipo¹⁾, um sistema adequado para prescrever atividades físicas. Haverá também, a contribuição de uma ferramenta computacional capaz de calcular todos os resultados obtidos de medidas e avaliações realizadas nos indivíduos, tornando assim o dia-a-dia do profissional mais produtivo e eficaz.

Além das condições mercadológicas, justifica-se também pela necessidade de se ter um sistema capaz de suprir a falta do profissional diariamente em locais em que não exista acesso à eles. Utilizando um sistema deste tipo, o especialista poderia atuar, em empresas ou mesmo de forma particular, como prestador de serviço, mantendo uma supervisão de tempos em tempos, na medida em que novos casos forem sendo anexados à base.

O que se busca nos Programas de Promoção da Atividade Física, é que os indivíduos, após passarem pelo processo de aprendizagem a respeito dos aspectos que envolvem a prática de atividades físicas, sejam capazes de praticar corretamente, em parques, ruas, e jardins.

Baseado nesta filosofia da “independência pessoal”, somado aos motivos discutidos anteriormente, este sistema torna-se necessário e viável, dentro das limitações e características impostas pela técnica escolhida.

1.4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo	Objetivo
1	Introdução do trabalho;
2	Domínio do trabalho: Prescrição de Atividades Físicas;
3	Fundamentação teórica da técnica de RBC, aplicabilidade, etapas de desenvolvimento e vantagens na utilização;
4	Implementação: RBC na Prescrição de Atividades Físicas;
5	Descrição a aplicação do sistema;
6	Conclusões e Perspectivas Futuras;
7	Referências Bibliográficas.

¹ O termo Protótipo é utilizado para esclarecer que o sistema não se encontra na sua versão final.

2. DOMÍNIO DO TRABALHO

Este capítulo discute aspectos importantes em se tratando de Prescrição de Atividades Físicas. Ele está subdividido em quatro partes: a primeira trata de aspectos biológicos da atividade física; a segunda fundamenta o uso de algumas medidas e avaliações utilizadas no cotidiano de um profissional de educação física; a terceira comenta sobre os princípios científicos e metodológicos que norteiam a prescrição de atividades físicas em situações normais, e finalmente, a última relata o estado da arte acerca da prescrição de atividades físicas.

2.1. Aspectos Biológicos da Atividade Física

2.1.1. Introdução

Para a compreensão dos aspectos biológicos aplicados neste trabalho, é importante que se faça uma revisão das principais alterações que ocorrem no corpo humano, bem como as adaptações funcionais e morfológicas surgidas nas pessoas que se exercitam. Tendo em mente os objetivos do trabalho, a primeira seção faz uma abordagem resumida no campo da bioenergética, a segunda trata das atividades aeróbicas e anaeróbicas, e a terceira discorre sobre os principais efeitos da prática de atividades físicas no organismo. Estes itens certamente fornecerão meios para um acompanhamento mais efetivo no desenvolvimento das demais partes deste trabalho.

2.1.2. Bioenergética

O principal propósito das respostas fisiológicas ao exercício físico é o de prover energia para o desempenho durante a atividade física. Os cientistas definem energia como a capacidade de realizar trabalho (Fox e Mathews, 1991).

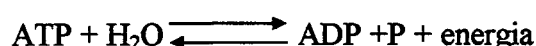
Particularmente quando aplicada ao mundo biológico, o interesse na energia é direcionado para transformação da energia química em energia mecânica (McArdle, Katch e Katch, 1991).

A energia mecânica manifesta-se no movimento humano, cuja fonte provém da conversão do alimento em energia química dentro do corpo humano.

O fato de um indivíduo manter atividade muscular por algum tempo depende basicamente de sua capacidade em extrair energia dos nutrientes, obtidos a partir dos alimentos ingeridos na forma de carboidratos, gordura e proteínas, e transferi-las para os músculos ativos.

Entretanto, a energia contida nos nutrientes, não pode ser diretamente transferida para o tecido muscular. A energia necessária para a manutenção do trabalho muscular é produzida mediante a ação de processos biológicos extremamente complexos e armazenada por intermédio de compostos de fosfogêneo, dos quais o trifosfato de adenosina - ATP - é o principal representante (Fox e Mathews, 1991).

Dessa maneira, a quebra do ATP em ADP (difosfato de adenosina) e Pi (??) deverá ser caracterizado como a única fonte imediata de energia para o desenvolvimento da atividade física, porque produz energia necessária para que os filamentos de actina e miosina dos músculos deslizem um ao longo do outro, provocando a contração muscular (Fox e Mathews, 1992).



Com a realização de sucessivas contrações musculares, na tentativa de oferecer continuidade ao desenvolvimento da atividade física, existe necessidade de que ocorra uma ressíntese constante das moléculas de ATP, tão rapidamente quanto estas são desintegradas. Logo, considerando que as quantidades de ATPs estocadas no tecido muscular são bastante limitadas, para que o trabalho muscular possa ter prosseguimento o organismo apresenta várias formas de reconstituição do ATP, com base em diferentes substratos energéticos. Neste particular, o tipo de substrato energético utilizado e a via metabólica com que o ATP é ressintetizado dependem fundamentalmente da intensidade e da duração dos esforços físicos (Fox e Mathews, 1991).

Três vias metabólicas principais proporcionam energia para o desempenho de um exercício físico: a via anaeróbica alática (ATP - fosfocreatina), a via anaeróbica láctica (glicose) e o metabolismo oxidativo (via aeróbica). A via mais importante para o exercício de longa duração é o metabolismo oxidativo, porque utiliza o oxigênio como combustível (Fox e Mathews, 1991).

Chama-se de VO_2 máximo a mais alta captação de oxigênio alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar (Astrand e Rodahl, 1970). O VO_2 máximo pode ser expresso em valores absolutos (l/min) ou em valores relativos ao peso corporal ($\text{ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) (Wilmore e Costill, 1994).

O consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) depende de vários processos essenciais: ventilação pulmonar, trocas gasosas na membrana alvéolo-capilar, débito cardíaco, redistribuição do débito cardíaco e utilização do oxigênio pelo músculo esquelético. Estes processos metabólicos e cardiopulmonares podem ser expressos matematicamente pela equação de Fick (American College of Sports Medicine - ACSM, 1996), expressa da seguinte forma:

$$\text{VO}_2 = \dot{Q} \times a \cdot \text{VO}_2$$

$$\downarrow$$

$$\text{FC} \times \text{VS}$$

onde:

- \dot{Q} = débito cardíaco
- FC = frequência cardíaca
- VS = volume sistólico
- $a \cdot \text{VO}_2$ = diferença artério-venosa

O consumo máximo de oxigênio e as suas variáveis determinantes podem ser alteradas por várias condições, que incluem sexo, dimensões corporais, condições ambientais e várias doenças cardiopulmonares. (ACSM, 1996).

De forma geral, para efeito de produção de energia, os esforços físicos deverão ser classificados em duas categorias: (a) aqueles considerados de elevada intensidade, porém de curta duração (anaeróbico); e (b) aqueles de baixa intensidade e longa duração (aeróbico) (Fox e Mathews, 1991).

2.1.3. Atividades Aeróbicas X Atividades Anaeróbicas

Nos esforços de alta intensidade (anaeróbico) as moléculas de ATP necessárias à manutenção do trabalho muscular são sintetizadas, inicialmente, por intermédio de outro composto fosfórico de alta energia denominado fosfato de creatina - PC. Por esse sistema energético, considerando que o PC apresenta energia livre de hidrólise mais alta que ATP, quando a ligação entre as moléculas de creatina e de fosfato é desfeita, seu fosfato é unido ao ADP, formando os ATPs necessários à contração muscular (McArdle, Katch e Katch, 1991).

Assim como no desdobramento do ATP em ADP e P_i , essas reações também são reversíveis, fazendo com que, na disponibilidade energética, creatina e fosfato se unam novamente. A quebra do PC em ATP é facilitada pela ação da enzima creatinoquinase.

Apesar de existir de 3 a 5 vezes mais do que ATP, o fosfato de creatina também é armazenado em pequenas quantidades. Portanto, o fornecimento de energia, por essa via metabólica também é muito reduzido e atende aos esforços físicos de elevada intensidade por não mais do que 8-10 segundos. Dessa maneira, por exemplo, o fosfato de creatina deverá ser o principal responsável pela produção de ATPs em exercícios físicos que envolvam corridas rápidas em distância curtas, saltos sucessivos e levantamento de grandes pesos (McArdle, Katch e Katch, 1985).

A menos que se diminua a intensidade, para que o esforço físico possa ser mantido por mais algum tempo, uma segunda via metabólica é acionada com o intuito de produzir os ATPs necessários à continuidade das contrações musculares, a glicólise (Astrand e Rodahl, 1970).

Nesse momento, torna-se importante a introdução dos conceitos relacionados aos metabolismos anaeróbicos ou não-oxidativos e aeróbicos ou oxidativos. A ativação de um desses dois tipos de metabolismos dependerá basicamente da velocidade exigida na produção da energia para o trabalho muscular.

Se os esforços físicos forem de elevada intensidade, ou seja, quando é necessária a produção de um número de moléculas de ATPs relativamente alto num espaço de tempo bastante curto, elevando a velocidade metabólica na produção de energia, deverá ser ativado o sistema anaeróbico, pois o fornecimento de oxigênio para as reações torna-se insuficiente (Fox e Mathews, 1991).

Contudo, se os esforços físicos forem de baixa a moderada intensidade, exigindo, por sua vez, menor velocidade metabólica na produção de ATPs, deverá ser ativado predominantemente o sistema aeróbico, tendo em vista que as reações metabólicas realizadas na presença do oxigênio são suficientes para produzir o ATP necessário. (McArdle, Katch e Katch, 1991).

Com isto em mente e admitindo que estão sendo analisados os esforços físicos de elevada intensidade, a via metabólica acionada mais especificamente é a glicólise anaeróbica.

A glicólise anaeróbica consiste na degradação do glicogênio ou da glicose para piruvato ou lactato mediante o envolvimento de uma série de passagens enzimáticas catalizadoras, o que resulta na produção das moléculas de ATP. O carboidrato é depositado nos músculos em forma de glicogênio e passa para o sangue em forma de glicose.

Portanto, ao se realizarem esforços de grande intensidade, deverá ocorrer acúmulo de lactato no grupo muscular ativo e, na seqüência, será difundido para a corrente sanguínea.

Quando a intensidade dos esforços físicos diminui, permite que o sistema de produção de energia venha a sintetizar os ATPs, necessários à contração muscular a partir do metabolismo aeróbico. Neste aspecto, quanto mais tempo durarem os esforços físicos, maior deverá ser a participação das reações oxidativas nas exigências energéticas, ao mesmo tempo em que a produção de energia por meio das vias anaeróbicas diminuirá gradativamente.

Ao contrário do metabolismo anaeróbico, em que apenas o carboidrato é utilizado como substrato energético, o metabolismo aeróbico pode usar, além do carboidrato, os lipídios e, em casos de duração extrema, as proteínas, como substratos para a produção de ATPs. Além do mais, o metabolismo aeróbico é o mais eficiente do ponto de vista de produção energética, pois além de sintetizar ATPs sem acúmulo de ácido láctico, por essa via, forma-se muito mais ATPs comparativamente com a via anaeróbica (McArdle, Katch e Katch, 1991).

A produção de energia por via aeróbica resulta do produto final de um complexo processo de reações que ocorrem no interior da mitocôndria, com a participação de enzimas oxidativas, levando à quebra de carboidratos na forma de glicose, e de gorduras na forma de ácidos graxos livres, em moléculas de ATP, dióxido de carbono e água. Deve-se ressaltar que as proteínas, na forma de aminoácidos, somente entram em ação na produção de ATPs

quando as exigências energéticas são extremamente elevadas e as fontes dos demais substratos já se encontram bastantes reduzidas.

Quanto à duração, com o passar do tempo sob esforço físico, os estoques do glicogênio muscular diminuem e concomitantemente as quantidades de ácidos graxos livres na corrente sanguínea se elevam. Assim, a participação dos substratos na produção de energia tende a se inverter, diminuindo a participação do metabolismo de carboidratos e acentuando a participação do metabolismo do metabolismo de gorduras (Powers et al, 1980).

Com relação à intensidade, em esforços físicos de baixa a moderada intensidade as necessidades energéticas são atendidas prioritariamente pelos ácidos graxos livres, no entanto, ao elevar o nível de intensidade, a glicose passa a ser a principal fonte de energia (Gollnick et al, 1985).

Um outro aspecto que pode interferir na utilização da gordura como fonte de energia é o maior acúmulo de ácido láctico. Quando existe maior quantidade de lactato sanguíneo, o uso do ácido graxo livre como fonte de energia pode ser dificultado em razão de o ácido láctico interferir de forma acentuada na mobilização do próprio ácido graxo livre a partir do tecido adiposo.

Logo, durante o esforço físico a nível submáximo, o indivíduo mais ativo deverá demonstrar maiores possibilidades de utilização do ácido graxo livre como fonte de energia do que o sedentário, em razão de apresentar tendência à concentração de lactato em níveis mais baixos (Holloszy e Coyle, 1984).

Nos programas de atividades físicas voltados à promoção da saúde, deve-se privilegiar as atividades que utilizam a gordura como substrato energético na produção de ATPs, ou seja, esforços físicos de baixa a moderada intensidade durante um período de tempo prolongado (ciclismo, caminhadas, corridas, natação), considerando que as gorduras representam o maior depósito de energia no organismo humano (Cooper, 1982).

Apesar da atividade aeróbica ser muito importante na prevenção de doenças cardiovasculares, Pate et al (1995) ressaltam que a força muscular e a flexibilidade são fundamentais para uma boa saúde. As pessoas que têm mais flexibilidade e força, são capazes de realizar suas tarefas diárias com mais facilidade, além de terem menor risco de problemas músculos-esqueléticos.

2.1.4. Efeitos da Prática de Atividades Físicas sobre o Organismo

A Atividade Física sistemática pode proporcionar modificações morfológicas e funcionais em diversas partes do organismo. A tabela abaixo demonstra alguns parâmetros que tendem a aumentar e outros que reconhecidamente diminuem com a prática de atividades físicas regulares.

Tabela 1: Aumento e diminuição de parâmetros decorrentes da atividade física (FITCOR, 1997)

Aumenta:	Diminui:
circulação colateral;	níveis lipídicos
tamanho do vaso;	intolerância à glicose
capacidade de transporte de oxigênio;	obesidade
eficiência cardíaca;	atividade plaquetária
eficiência na distribuição do sangue;	pressão arterial sistêmica
eficiência no retorno venoso;	frequência cardíaca
conteúdo de oxigênio no sangue;	vulnerabilidade para a arritmia
massa de eritrócitos e volume sanguíneo;	ação neuro-hormonal exagerada
capacidade fibrinolítica;	estresse psíquico
função tireoideana;	produção crônica de catecolaminas
hormônio de crescimento;	depressão isquêmica para cargas semelhantes
tolerância ao estresse;	menos manifestações clínicas para o mesmo esforço.

2.1.4.1 - ALTERAÇÕES NO SISTEMA CARDIOCIRCULATÓRIO:

Miocárdio: o exercício continuado leva a um aumento do volume cardíaco, por hipertrofia miocárdica, com conseqüente aumento da eficiência do coração como bomba e um mais rápido relaxamento do músculo cardíaco, permitindo o enchimento mais completo dos ventrículos. Além das alterações morfológicas, o exercício também leva ao aumento da atividade da ATPase-miosina e, provavelmente, da atividade enzimática das proteínas, que ocasionam um aumento da reserva cardíaca (Bouchard et al, 1992)

Perfusão do coração: em animais está demonstrado o aumento do fluxo coronariano após treinamento. Embora em humano não esteja comprovado o aumento da vasculatura das coronárias com o exercício, existe um aumento do limiar isquêmico, provavelmente devido às adaptações funcionais que alteram a relação entre o trabalho hemodinâmico e a demanda de oxigênio ou às mudanças do sistema de controle cardíaco, que melhoram o suprimento de oxigênio ao miocárdio (Bouchard et al, 1992).

Frequência Cardíaca e Pressão Arterial: após condicionamento físico, observa-se redução da frequência cardíaca e da pressão arterial, resultando em redução da demanda de oxigênio para o miocárdio durante qualquer nível de esforço. O efeito parece estar ligado ao aumento do tonus parassimpático ao coração e à diminuição da atividade simpática à periferia, com redução da resistência vascular periférica (Bouchard et al, 1992).

Coagulação Sanguínea: o exercício leva à redução da coagulabilidade sanguínea, aumento transitório da fibrinólise e diminuição da adesividade plaquetária (Bouchard et al, 1992).

Função Ventricular: o exercício conduz a uma melhoria da função ventricular, que pode ser devido a fatores tais como: aumento da massa miocárdica; melhoria da função bioquímica; melhoria da resposta miocárdica contrátil aos estímulos beta-adrenérgicos; redução da resistência do volume sanguíneo periférico, devido à melhoria da condutância do músculo esquelético e da redução da resistência vascular sistêmica (Bouchard et al, 1992).

Efeitos Regulatórios e Periféricos: o exercício afeta, de maneira múltipla, o funcionamento do organismo, aumentando a capacidade de absorção e utilização do oxigênio, significando que o trabalho orgânico frente à demanda pode ser realizado de forma mais econômica, isto é, o trabalho do coração e dos pulmões é menor e o funcionamento hemodinâmico e a capacidade de reserva metabólica são melhorados. A resposta aos exercício é afetada por múltiplos mecanismos reflexos, através de receptores nos músculos esqueléticos e na circulação central e de ligações entre o córtex motor e centros regulatórios cardiovasculares (Bouchard et al, 1992).

Efeitos sobre o Consumo Máximo de Oxigênio: o exercício leva a um aumento da capacidade física do indivíduo, que é refletido pelo aumento da capacidade máxima de consumo de oxigênio (VO_2 máx). Este aumento parece ser devido, diretamente, ao aumento do débito cardíaco e ao aumento da capacidade oxidativa dos músculos esqueléticos (Bouchard et al, 1992).

Eficiência Miocárdica: as alterações induzidas pelo exercício, produzindo melhoria dos meios de transporte do oxigênio e da capacidade oxidativa dos músculos esqueléticos, levam à redução do consumo miocárdico de oxigênio, ou seja, aumentam a eficiência do músculo cardíaco (Bouchard et al, 1992).

2.1.4.2 - ALTERAÇÕES MÚSCULO-ESQUELÉTICA E O SISTEMA LOCOMOTOR: o condicionamento físico leva a importantes modificações nos músculos esqueléticos, tais como: aumento do número e tamanho das mitocôndrias; aumento do número das proteínas mitocondriais e das enzimas respiratórias; aumento da atividade da ATPase; diminuição do fluxo sanguíneo para músculo, a qualquer nível de esforço submáximo, devido ao maior aproveitamento do oxigênio, por unidade de massa muscular (Bouchard et al, 1992).

O exercício bem orientado pode exercer grandes benefícios ao sistema locomotor, principalmente durante o crescimento, porém, quando praticado inadequadamente, pode resultar em malefícios. Os efeitos positivos são: o desenvolvimento adequado dos grandes grupos musculares estabiliza a coluna vertebral e as articulações dos membros, prevenindo a ocorrência de distúrbios articulares, rupturas tendinosas e fraturas de “estresse”; o estímulo para o crescimento devido ao aumento do hormônio de crescimento induzido pelo exercício; após a adolescência os exercícios musculares que atuam na profilaxia da artrose, promovendo a distribuição uniforme das pressões que atuam sobre a cartilagem de revestimento, melhorando a coaptação articular, reduzindo o atrito entre as extremidades ósseas; o exercício muscular previne e auxilia na correção das osteopenias, comuns nas idades mais avançadas (Wilmore e Costill, 1994).

O uso inadequado dos exercícios físicos pode levar a patologias como tendinites, rupturas musculares e tendinosas, fraturas de “estresse”, distúrbios do crescimento e agravamento de problemas naturais. Para evitar-se de malefícios, todo programa de

atividade física deve, basicamente, respeitar alguns princípios que norteiam uma metodologia de prescrição para atividades físicas. Para que a prescrição possa respeitar estes princípios, é necessário que se conheça os limites e possibilidades do indivíduo, através de algumas avaliações do estado geral de saúde (Bouchard et al, 1992).

2.1.4.3 - ALTERAÇÕES NOS LIPÍDEOS E LIPOPROTEÍNAS SANGUÍNEAS: os níveis de lipídeos e triglicerídeos e das lipoproteínas de baixa densidade - LDL e VLDL - estão relacionados com um risco aumentado de manifestações da doença coronariana, das doenças vasculares periféricas, do acidente vascular e da aceleração da aterosclerose coronariana. A atividade física atua, positivamente, na redução dos níveis sanguíneos dos triglicerídeos e no aumento das lipoproteínas de alta densidade (HDL), que juntos oferecem maior proteção contra as doenças relatadas acima (Bouchard et al, 1992).

2.1.4.4 - ALTERAÇÕES NA INTOLERÂNCIA À GLICOSE: o exercício físico leva a um aumento nos receptores de insulina, levando a um melhor aproveitamento celular da glicose e aumentando a tolerância aos carboidratos (Bouchard et al, 1992).

2.1.4.5 - ALTERAÇÕES NOS NÍVEIS SANGUÍNEOS DO ÁCIDO ÚRICO: estudos têm demonstrado redução dos níveis sanguíneos do ácido úrico, nos indivíduos hiperuricêmicos (Bouchard et al, 1992).

2.1.4.6 - ALTERAÇÕES NA ESFERA PSICO-SOMÁTICA: o indivíduo exercitado tende a ser mais criativo, auto-suficiente, emocionalmente mais amadurecido e auto-realizado, apresenta maior resistência à fadiga, maior capacidade de conciliar o sono e menor tendência à depressão e à ansiedade (Bouchard et al, 1992).

2.2. Medidas e Avaliação para a Prescrição de Atividades Físicas

O conceito de medidas e avaliação em Educação Física é encarado como um processo que tem como objetivo saber em que condições se encontra o avaliado, para que,

a partir deste ponto, possa-se interpretar e prescrever corretamente o programa de atividade física conforme as características próprias daquele indivíduo (Marins e Giannichi, 1996).

Os termos Medidas e Avaliação referem-se a elementos específicos de um processo de decisão e apesar de estarem relacionados entre si, cada um tem um significado diferente e devem ser usados corretamente (Morrow, 1995).

Medida é o processo utilizado para quantificar uma determinada característica de um indivíduo ou objeto. As medidas devem ser precisas e objetivas. A avaliação determina a importância ou valor da informação coletada, reflete o progresso e indica se os objetivos estão sendo atingidos (Marins e Giannichi, 1996).

Quando as qualidades e características de pessoas são quantificáveis o problema que surge é desenvolver técnicas de medição ao mesmo tempo simples e precisas. Como ferramenta de pesquisa, uma medida deve atingir um número de pré-requisitos, os quais podem ser resumidos da seguinte forma: a) devem ser padronizados; b) devem ser confiáveis; c) devem ser válidos; e finalmente d) devem ser acompanhados por valores de referência, os quais são necessários para a verificação da performance ou medida individual (Beunen e Borms, 1990).

Antes de iniciar o processo de avaliação propriamente dito é muito importante que se realize uma anamnese com o indivíduo, evitando assim, que ocorra alguma complicação advinda dos testes. O histórico médico ou anamnese pode revelar sinais ou sintomas de doenças, indicar se o indivíduo possui histórico familiar para determinadas doenças, além de detectar diversos aspectos de ordem médica, importantes no processo de prescrição de atividades físicas.

Um instrumento que tem sido amplamente utilizado no Canadá e que mostrou sensibilidade de 100% para a detecção de contra-indicações médicas ao exercício e uma especificidade de 80% foi o PAR-Q (Physical Activity Readiness Questionnaire), traduzido no Brasil para Q-PAF (NuPAF, 1992). A sua capacidade de predizer anormalidades ao ECG de esforço é mais baixa, com uma sensibilidade de aproximadamente 35% e uma especificidade de 80% (ACSM, 1996).

A tabela abaixo apresenta contra indicações relativas e absolutas para o teste de esforço². Entende-se por contra-indicações absolutas aquelas que impedem totalmente o

² é utilizado na determinação da capacidade funcional e das respostas cardiopulmonares em indivíduos saudáveis e pacientes com diagnóstico ou prognóstico de doenças cardiovasculares (ACSM, 1996).

indivíduo de realizar o teste e as contra-indicações relativas são aquelas que dependem de uma análise mais detalhada para avaliar a possibilidade da realização do teste.

Tabela 2: Contra-Indicações Relativas e Absolutas para a Prática de Atividades Físicas.

Absolutas	Relativas
Infarto do Miocárdio agudo ou qualquer alteração recente no ECG em repouso	Qualquer distúrbio não-cardíaco menos grave
Angina instável	Defeito da condução ventricular
Disritmias cardíacas graves	Significante hipertensão arterial ou pulmonar
Pericardite ou miocardite agudas	Taqui ou bradiarritmias menos graves
Endocardites	Cardiopatias valvulares ou miocárdicas moderadas
Estenose aórtica grave	Anormalidades eletrolíticas e/ou causadas por drogas
Grave disfunção ventricular esquerda	Marcapasso artificial de frequência fixa
Embolia pulmonar	Obstrução do tronco da artéria coronária esquerda ou equivalente
Qualquer distúrbio não-cardíaco agudo ou grave	Doença psiquiátrica ou incapacidade de cooperar
Grave empecilho físico	

Fonte: ACSM - American College of Sports Medicine (1996)

Para um melhor entendimento do sistema em questão, esta seção foi dividida em três partes, na tentativa de descrever o que foi utilizado para o funcionamento deste protótipo.

a) Avaliação Antropométrica e da Composição Corporal:

A antropometria representa um importante recurso de assessoramento para uma análise completa de um indivíduo, seja ele atleta ou não, pois oferece informações ligadas ao crescimento, desenvolvimento e envelhecimento, sendo por isso crucial na avaliação do estado físico e no controle das diversas variáveis que estão envolvidas durante uma prescrição de atividade física.

São medidas de uma avaliação antropométrica (Matsudo, 1984):

- peso (massa corporal) (Kg)
- estatura (cm);
- circunferências (cm);
- dobras cutâneas (mm);
- diâmetros (cm);

Com estas medidas pode-se realizar uma avaliação da Composição Corporal do indivíduo a partir dos seguintes indicadores: massa corporal magra (MCM); percentual de gordura (%G); índice de massa corporal (IMC); índice cintura quadril (ICQ); faixa de peso recomendada (FPR); índice de obesidade (IO).

b) Avaliação da Capacidade Cardiorrespiratória:

A melhor maneira de avaliar a capacidade cardiorrespiratória é através da medida do consumo direto de oxigênio, porém esta técnica requer equipamentos específicos, na maioria das vezes de difícil acesso pelo seu custo elevado.

Entretanto, pode-se fazer uma avaliação da capacidade cardiorrespiratória por meio da marcha ou da corrida. Uma série de testes foram desenvolvidos para atender essa necessidade, entre eles:

- Teste de Caminhada da Milha - The Rockport Fitness Walking Test (ACSM, 1996);
- Teste Cooper (12 min) (Matsudo, 1984);

c) Avaliação da Força, Flexibilidade e RML (testes físicos):

- Teste Abdominal; (Matsudo, 1984)
- Teste de Flexão do Cotovelo; (Matsudo, 1984)
- Teste de Flexibilidade (Matsudo, 1984).

d) Avaliação dos Níveis de Atividade Física Habitual:

Para Nahas (1996), as maiores dificuldades encontradas na revisão de métodos para determinação dos níveis de atividade física habitual em grupos populacionais são: a) inexistência de um método preciso que possa servir de critério de referência; b) cada instrumento parece medir aspectos específicos da atividade física; c) são empregadas definições diferentes de atividade física, dificultando comparações e conclusões.

Por isso, é necessário que se tenha claro as definições dos termos que envolvem esta seção:

Define-se como *Aptidão Física* o constructo multidimensional que inclui um conjunto de características possuídas ou adquiridas por um indivíduo e que estão relacionadas com a capacidade de realizar atividades físicas (Caspersen et al, 1985).

Por *atividade física* entende-se todo movimento corporal produzido pela musculatura esquelética e que resulta em gasto energético acima dos níveis de repouso (Caspersen et al, 1985; Baranowski et al, 1992).

O termo *exercício físico*, inadequadamente usado como sinônimo de atividade física, representa uma das formas de atividade física planejada, estruturada e repetitiva, tendo por objetivo a melhoria da aptidão física ou a reabilitação orgânico-funcional (Caspersen et al, 1985).

Existem mais de 30 instrumentos diferentes descritos na literatura para estimativas da atividade física nas diversas faixas etárias (Nieman, 1990). Visto que o objetivo desta seção do trabalho é apenas referenciar os testes utilizados, buscou-se citar apenas aqueles que foram utilizados. Para isto, o selecionado foi o instrumento de Godin e Shepard (1995).

2.2.1. Prescrição das Atividades Físicas em Situações Normais

Uma vez conhecidos a capacidade funcional, o estado de saúde e os interesses de cada um, pode ser traçada a prescrição de exercícios individual. Deve-se definir as proposições principais do programa de exercícios e fazer o planejamento de acordo com elas, pois variam em muito as razões de um exercício, assim como as necessidades da prescrição (Skinner, 1991).

Apenas duas categorias de pessoas necessitam de prescrições mais minuciosas: aquelas que buscam resultados (atletas) e pessoas que apresentam diagnóstico de algum tipo de doença (coronariana, enfisema, diabetes, entre outras).

De maneira geral, as pessoas em condições normais, ainda que busquem o desempenho, a saúde e a boa aparência, devem seguir os princípios gerais de exercício e treinamento para qualquer pessoa.

Os princípios do treinamento são aplicáveis a todas as pessoas e as modificações estão associadas à presença ou ausência de restrições ou contra-indicações médicas, a tipo de atividades, e ao nível inicial de aptidão.

Segundo Barbanti (1996) e Skinner (1991), o treinamento é baseado em três princípios biológicos: o princípio da Sobrecarga, o princípio da Especificidade e o princípio da Reversibilidade. O princípio da *Sobrecarga* estipula que as mudanças funcionais no corpo ocorrem somente quando a carga é suficiente para causar adaptação a cada nível de solicitação. Para cada indivíduo existe um limite mínimo e máximo, onde, na medida em que se processa a níveis mais altos de atividade, também se elevam estes limites. O princípio da *Especificidade* é baseado no fato de que as maiores mudanças funcionais e morfológicas, durante o treinamento, acontecem somente nos órgãos e estruturas intracelulares que são responsáveis pelo movimento. O princípio da *Reversibilidade* assegura que as mudanças corporais conseguidas pelo treinamento são de natureza transitória e que o organismo também pode se adaptar à inatividade.

Barbanti (1996), Tubino (1992), e Fernandes (1981) colocam que os Princípios Científicos do Treinamento são grandes responsáveis pelo sucesso de um programa de atividades físicas.

A tabela 3 relata o que as evidências recentes dizem a respeito da prescrição de exercícios para adultos saudáveis:

Tabela 3: Evidências recentes a respeito da prescrição de exercícios para adultos saudáveis: (Skinner, 1996)

1. A prescrição deve sempre considerar o nível de aptidão física inicial e a condição de saúde dos sujeitos;
2. O aumento do VO_2 máx pode variar de 5 a 25%, dependendo do nível inicial e da intensidade, duração e frequência do treinamento;
3. O aumento de VO_2 máx tende a se nivelar quando a frequência de treinamento ultrapassa 3 sessões semanais;
4. Menos de duas sessões semanais não são suficientes para estimular modificações significativas;
5. Uma intensidade mínima de 60% da FC máx é necessária para provocar aumento no consumo máximo de oxigênio;
6. Há uma interrelação entre a intensidade e a duração dos estímulos; treinamento com sessões intensas/curtas ou moderadas/longas, desde que acima do nível mínimo, tendem a produzir resultados semelhantes (desde que o gasto calórico seja equivalente);
7. Duas semanas de interrupção são suficientes para reduzir significativamente a capacidade aeróbica;

Pollock et al (1995) reuniram informações de diversos locais, dos mais conceituados, sobre Prescrição de Exercício para Aptidão Física, conforme resumo na tabela abaixo:

Tabela 4: Recomendações de Instituições Internacionais sobre Prescrição de Exercício para Aptidão Física

Fonte	Frequência	Intensidade	Duração	Tipo de Atividade	Características das atividades de RML
ACSM (1995) American College of Sports Medicine	3 - 5 vezes/semana	50/60-90% FC máx. ou 40/50- 85% do VO ₂ máx	20-60 de forma contínua ou no mínimo 20-30 min	atividades aeróbicas	2/semana, 1 série de 8-12 rep., trabalhar maiores grupos musculares
AHA (1995) American Heart Association	mínimo de 3 vezes por semana	50-60% do VO ₂ máx	mínimo de 30 min	<i>* Atividades voltadas para a promoção da saúde</i>	2 a 3/semana, 1 série de 10-15 repetições (rep.)
CDC (1995) Centers for Disease Control and Prevention	diariamente	moderado	30 min acumulados por dia	<i>* Atividades voltadas para a promoção da saúde</i>	Não especificado

VO₂máx = Consumo máximo de Oxigênio;

rep. = repetições;

RML = Resistência Muscular Localizada.

** Atividades voltadas para a promoção da saúde* podem ser aquelas realizadas nas atividades do cotidiano e/ou caminhadas leves.

Os quatro componentes básicos do programa de exercícios são: *a frequência, a duração, a intensidade e o tipo de exercício*. O volume de treinamento é resultante da frequência, duração e intensidade do exercício, isto é, estímulo total ou sobrecarga (Skinner, 1991).

A *frequência* das sessões depende em parte de sua duração e da sua intensidade. A frequência habitualmente recomendada é de três a cinco vezes por semana, conforme as necessidades, o interesse e a capacidade funcional do indivíduo (Pollock et al, 1995).

O Colégio Americano de Medicina Desportiva (1996) recomenda: “para indivíduos com capacidades funcionais inferiores a 3 METs, sessões de 5 minutos de duração várias vezes ao dia podem ser desejáveis. Para pessoas com capacidades funcionais entre 3 e 5 METs, uma a duas sessões diárias podem ser recomendadas. Em geral, os participantes que possuem um capacidade funcional superior a 5 METs³ devem exercitar-se pelo menos três vezes por semana, em dias alternados.

A *duração e a intensidade* do exercício estão inversamente relacionadas, isto é, quanto maior a intensidade, menor a duração do exercício (Heyward, 1991). O Colégio

³ MET = é a unidade usada para representar o equivalente metabólico da atividade. 1 MET = 3,5 ml/Kg/min (Kent, 1994).

Americano de Medicina Desportiva recomenda que uma atividade deve iniciar com sessões entre 15 a 30 minutos. Indivíduos sedentários devem utilizar de 40 a 60 % da capacidade funcional por este tempo.

Uma outra alternativa para estimar a duração correta é utilizar o gasto calórico da atividade. Sharkey (1979) apud Heyward (1991) recomenda que indivíduos classificados dentro das categorias baixa, média e boa aptidão física devem exercitar-se com objetivo de gastar entre 100-200, 200-400, e mais de 400 quilocalorias por atividade respectivamente. O valor calórico equivalente a 1 MET é $1 \text{ kcal.kg}^{-1}.\text{hr}^{-1}$. Se a intensidade inicial for de 7 METs, por exemplo, uma mulher de 60 kg deveria gastar cerca de 420 kcal.hr^{-1} ou 7 kcal.min^{-1} . Então, a duração de sua atividade inicial deve ser de 14 a 28 minutos (aproximadamente $100 \text{ a } 200 \text{ kcal}/7\text{kcal.min}^{-1}$).

Várias técnicas podem ser utilizadas para prescrever e monitorar a intensidade do exercício. Entre as estratégias que podem ser utilizadas existem a frequência cardíaca, a escala de Borg e a utilização de atividades físicas que tenham demandas de gasto energético conhecidas, isto é, aquelas nas quais os valores em METs sejam preditíveis. Com estas três técnicas pode-se orientar o indivíduo e ajudá-lo a praticar o exercício na intensidade adequada, de modo a aumentar ou manter a capacidade funcional (ACSM, 1996).

O *tipo de atividade* está associado com o princípio da especificidade, assim como a duração e a intensidade, pois as atividades de intensidade elevada tendem a ser curtas e anaeróbicas, enquanto as de intensidade baixa tendem a ser prolongadas e aeróbicas (Skinner, 1991).

Para estimular o sistema aeróbico, o mais adequado é utilizar atividades prolongadas, contínuas e de baixa intensidade, envolvendo contrações rítmicas de grandes grupamentos musculares. A força e a velocidade tendem a ser anaeróbicas e desenvolvem-se melhor em atividades breves, intermitentes e de intensidade elevada (Blair, 1995).

A chave de um bom programa de atividades físicas é a seleção de atividades que agradem ao indivíduo e o façam sempre, em tempo e intensidade suficientes para produzir efeito de treinamento. Para a população em geral, a resistência cardiorrespiratória é o objetivo mais importante de um programa de exercícios, seguindo-se a força, a resistência muscular localizada e a flexibilidade. Todos estes objetivos podem ser atingidos através da seleção adequada de atividades (Skinner, 1991).

Visando uma prescrição de exercícios, além de observar os itens discutidos acima, deve-se também alertar os indivíduos para os efeitos fisiológicos da prática de atividades físicas em temperaturas extremas, umidade ou em caso de locais superiores a 1500 metros de altitude. Na medida em que uma situação destas ocorrer, é preciso ter precaução (observar a vestimenta, ingestão de líquidos) e reduzir a intensidade e/ou duração do exercício.

2.2.2. Perspectivas Atuais na Prescrição de Atividades Físicas

A prática de atividades físicas regulares tem se mostrado eficaz na prevenção e na redução de diversas doenças crônicas não-transmissíveis, além de melhorar a qualidade de vida e aumentar a longevidade.

Shephard (1995) divide em categorias, quando o objetivo é mostrar as evidências da prática de atividades físicas no caso das doenças. Existem evidências que demonstram, de uma forma cada vez mais clara, as evidências da relação entre atividade física, as doenças coronarianas e a redução dos riscos de morbidade e mortalidade (Blair, 1989, Caspersen, 1987; Cooper, 1976; La Porte, 1984).

Os casos que apresentam fortes evidências são: (Shephard, 1995)

- Doença coronariana;
- Hipertensão;
- Paciente de doença renal;
- Diabetes Mellitus tipo II;
- Osteoporose;
- Certos tipos de Câncer (cólon de útero, seio, próstata);
- Depressão;
- Ansiedade;

Existe uma segunda categoria, que apresenta evidências sugestivas do benefício de atividades físicas regulares (Shephard, 1995):

- Obesidade;
- Fases crônicas de reumatismo e osteoartrite;
- Doença pulmonar.

Existe ainda, uma terceira categoria, representada pelos casos com efeitos inconclusivos e que necessitam maior atenção (Shephard, 1995):

- Acidente cardiovascular;
- Diabetes Mellitus tipo I (insulino dependentes);
- Problemas urinários;
- Desordens Neuromusculares;
- Gravidez.

As recomendações para futuros estudos giram em torno de três temas: um deles é a necessidade de ampliação de programas de atividade física que envolvam toda a população, e demonstre o impacto na *saúde pública*. O segundo deve enfatizar que atividade física é um *componente do estilo de vida*, isto é, pode-se obter benefícios nas atividades do dia-a-dia, simplesmente tornando-se mais ativo. Nos programas de atividade física dever-se-ia dar mais atenção à questão das *mulheres*, das *pessoas de idade*, *grupos socio-economicamente desprivilegiados e pessoas incapacitadas*. Finalmente, algumas pesquisas recentes, tem recomendado “*doses*” de atividade física, isto é, não necessariamente uma atividade física sistemática e contínua, e sim para o total de atividade física diária que complete aproximadamente 30 minutos no total, na maioria dos dias da semana (Pate, 1995).

2.3. Ergonomia e a Prescrição de Atividades Físicas: Qualidade de Vida Aliada à Maior Produtividade

Estudos evidenciam que a atividade física regular protege os indivíduos de determinadas doenças e aumenta a expectativa de vida.

A implantação de programas de "Aptidão" para o trabalhador, deveria estar entre as prioridades dos governos e das empresas privadas, onde o nível de aptidão física e um bom estado de saúde, fossem os principais alvos a serem alcançados entre os trabalhadores, independente de qualquer benefício financeiro resultante (Shephard, 1994).

No entanto, existe uma preocupação quanto a relação custo/benefício desse estilo de vida ativo. Investir em saúde preventiva inicialmente requer um aumento dos custos. Os custos para desenvolver um programa de exercícios variam amplamente. As instalações para implementação de um programa deste cunho, podem variar desde um simples local para

caminhar, a uma completa instalação milionária com ginásio, piscina, e sofisticados equipamentos para o exercício (Shephard, 1986).

Porém, o interesse do trabalhador que tem um estilo de vida ativo, não está afetado grandemente pela quantidade de gastos, desde que haja uma mínima instalação básica disponível para ele se exercitar (Shephard, 1986).

Cox e Shephard (1981) pesquisaram a influência de um programa de exercícios físicos no local de trabalho, onde participaram apenas 20% dos trabalhadores. Reduziu-se o absenteísmo em 22%, o que representou uma redução dos custos totais da empresa. O aumento da produtividade resultou de um aumento da capacidade física para o trabalho, e um decréscimo da fadiga, redução de doenças, alívio do desânimo, ansiedade ou agressividade gratuita.

Na redução do ~~estresse~~, o exercício tem se mostrado tão efetivo quanto as técnicas mais tradicionais, reduzindo ou até mesmo anulando o uso de drogas prescritas e não prescritas.

No Brasil, a situação dos gastos com a saúde é alarmante, pois os investimentos são baixíssimos e a situação vem progressivamente piorando. Em 1990, o Brasil apresentou um gasto de 63,4 dólares/ano per capita, enquanto que a Organização Mundial da Saúde propõe, como um mínimo, um gasto de 500 dólares/ano per capita (OMS, 1994).

O alvo das autoridades da saúde pública deveria ser o desenvolvimento de programas de exercícios na prevenção de doenças crônico-degenerativas, em populações de baixa renda e menos educadas, idosos e deficientes, para que estas pessoas possam realizar suas atividades com o mínimo de assistência (Pate, 1995).

3. RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS

Neste capítulo, apresenta-se a técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC), como fundamentação teórica do desenvolvimento do sistema.

3.1. *Evolução da Inteligência Artificial*

Segundo Durkin (1994) Inteligência Artificial (IA) é o campo da ciência que tenta explicar a origem da natureza do conhecimento. Weber (1996) conceitua IA como um ramo da Ciência da Computação dedicado ao estudo das técnicas computacionais que representam algum aspecto da cognição humana.

A maioria dos especialistas concordam que a IA está baseada em duas idéias básicas: primeiro envolve o estudo do processo do pensamento humano (para entender o que é inteligência); segundo, trata com a representação destes processos via máquina (computador, robôs, etc.) (Turban, 1995).

Há aproximadamente 50 anos, dez cientistas pensavam que o computador seria capaz de fazer todo o trabalho para os homens, e que estes ficariam apenas envolvidos com atividades recreativas. Este pensamento assumia que o comportamento inteligente era baseado primariamente em técnicas de raciocínio insignificantes e que pessoas inteligentes poderiam facilmente imaginar técnicas para produzir programas inteligentes para computadores (Gevarter, 1984).

Nos anos 60, a Inteligência Artificial passou por várias fases: 1) tentativas de traduções com a máquina; 2) programas heurísticos (Slagle - 1961); 3) compreensão de linguagem natural que simulava uma psicoterapia não diretiva (Weizebaum - 1966); 4) resolução de quebras-cabeça/reconhecimento de padrões; 5) lógica computacional (Green 1966); 6) resolvidor de problemas genéricos - General Problem Solving - GPS (Newell - 1960).

Atualmente, tem sido crescente o interesse pela interdisciplinaridade em aplicações de Inteligência Artificial (IA). Periódicos, livros, artigos e conferências tem surgido em grande número, além de aplicações comerciais projetadas para alcançar milhões de dólares até o ano 2000 (Turban, 1995).

Existem diversas linhas de pesquisa e técnicas diferentes, dentro do campo da IA, tais como: Raciocínio Baseado em Casos (RBC); Sistemas Especialistas (SE); Redes Neurais Artificiais; Sistemas Difusos; Algoritmos Genéticos; entre outras. Estas técnicas têm mudado constantemente a cada aplicação, a cada novo problema, tornando-se cada vez mais elaboradas, mais complexas, e naturalmente mais “inteligentes”.

A tabela 5 fornece uma avaliação de quatro das técnicas de IA com respeito às cinco propriedades desejáveis (aprendizagem, adaptação, flexibilidade, explicação e descobertas):

Tabela 5: Comparação das Técnicas Inteligentes

Tecnologia	Aprendizagem	Flexibilidade	Adaptação	Explicação	Descobertas
RBC	√√√√	√√√	√√√	√√√√√	√√
Sistemas Especialistas	√	√	√	√√√√√	√
Algoritmos Genéticos	√√√√√	√√√√	√√√√	√√√	√√√√√
Sistemas Difusos	√	√√√√√	√	√√√	√
Redes Neurais	√√√√√	√√√√√	√√√√√	√	√√

Foi através do trabalho pioneiro do DENDRAL na Universidade de Stanford, que em 1965 os cientistas começaram a desenvolver o primeiro trabalho chamado de Sistema Especialista. Os pesquisadores imaginaram que o comportamento inteligente seria dependente não somente dos métodos de raciocínio mas também do conhecimento. Esta ênfase no conhecimento permitiu os cientistas afirmarem que: “O conhecimento repousa sobre o poder” e o processo de construção da engenharia do conhecimento foi dado início. Isto também permitiu a conceituação do “sistema baseado no conhecimento ou sistema especialista” (Durkin, 1994).

Os componentes principais da estrutura do sistema especialista são: a base de conhecimento, a máquina de inferência e a memória de trabalho.

Por volta de 1970, a inteligência artificial tinha alcançado somente sucessos limitados. Em 1971, o relatório de Lighthill descobriu que “em nenhuma parte do campo da inteligência artificial as descobertas feitas são realmente rápidas para produzirem o impacto que foi prometido”.

Mais tarde, grandes avanços foram sendo conquistados, vários sistemas surgiram, trazendo atividades como: processamento de linguagem, compreensão de discursos, técnicas de busca.

Na década de 80 houve uma proliferação de sistemas especialistas e a entrada da inteligência artificial no âmbito comercial. Mais de 130 empresas (American Express, Apple Computer, British Airways, Microsoft, Xerox Corp., entre outras), já utilizavam Raciocínio Baseado em Casos (Gevarter, 1984).

3.2. DEFINIÇÃO DE RBC

Raciocínio Baseado em Casos (RBC) é uma ferramenta da Inteligência Artificial (IA), que utiliza conhecimento de experiências passadas para resolver problemas atuais (Kolodner, 1993; Leake, 1996; Weber, 1997). O paradigma que sustenta esta técnica, que em muitos aspectos é fundamentalmente diferente das outras técnicas de IA, é a capacidade de utilizar o conhecimento específico de uma experiência anterior para resolver uma situação nova. Um problema novo é resolvido buscando um caso que seja similar, e reutilizando-o para este novo caso. Uma segunda diferença importante é que RBC retém cada nova experiência resolvida, tornando-a imediatamente disponível para a resolução de problemas futuros (Plaza e Aamodt, 1994).

Muitas das inspirações originais para o desenvolvimento do RBC surgiram dos conceitos de memória do raciocínio humano (Schank, 1982). O entendimento da técnica de RBC está implícito em assumir alguns princípios da natureza do mundo:

1. Regularidade: O mundo é na maioria das vezes regular, as ações executadas nas mesmas condições tendem a ter os mesmos, ou similares, resultados. Consequentemente, soluções para problemas similares são utilizáveis para o início da resolução de outro (Leake, 1996).
2. Tipicalidade: os tipos de problemas tendem a repetir; as razões para as experiências são provavelmente as mesmas para as futuras ocorrências (Leake, 1996).
3. Consistência: Pequenas mudanças ocorridas no mundo requerem apenas pequenas mudanças na maneira como nós interpretamos o mundo, e consequentemente, pequenas mudanças nas soluções de novos problemas (Kolodner, 1993).

4. Facilidade de adaptação: As coisas não se repetem exatamente da mesma maneira; as diferenças tendem a ser pequenas e pequenas diferenças são fáceis para compensar (Kolodner, 1993).

As etapas abaixo descrevem o funcionamento de um sistema de RBC independentes de possíveis variações que possa assumir este sistema (Weber, 1997):

- identificação de um problema a ser resolvido (problema de entrada);
- definição das principais características que identifiquem este problema;
- busca e recuperação na memória de casos com características similares;
- seleção de um ou mais dentre os casos recuperados;
- revisão deste (s) caso (s) para determinar a necessidade de adaptação;
- reutilização do caso adaptado para resolver problema de entrada;
- avaliação da solução do problema de entrada e inclusão do caso adaptado na memória de casos (aprendizagem).

A tarefa de RBC pode ser dividida em duas classes: RBC Interpretativo e RBC de resolução de problemas. RBC interpretativo utiliza casos anteriores como ponto de referência para classificar novas situações, e RBC com solução de problemas utiliza casos anteriores para sugerir soluções para aplicar em novas situações. (Leake, 1996).

Pode-se simplificar a descrição a respeito de RBC como um processo cíclico compreendido por quatro “REs”, conforme ilustra a figura 1:

1. Recuperação do caso mais similar;
2. Reutilização dos casos para resolver o novo problema;
3. Revisão (adaptação) da solução, se necessária;
4. Retenção (aprendizagem) da nova solução como um novo caso.

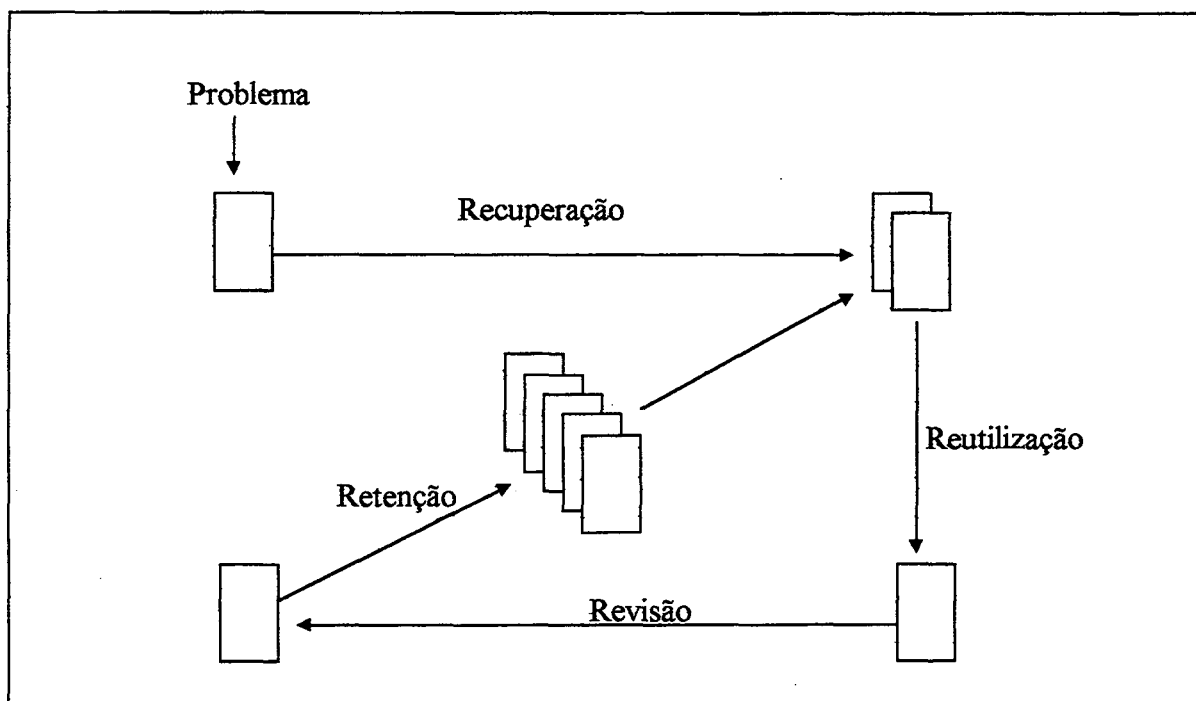


Figura 1 - Ciclo do RBC (Watson, 1997)

3.3. HISTÓRICO DE RBC

Kolodner e Leake (1996) colocam que se observarmos a maneira como as pessoas resolvem seus problemas, estaremos observando o RBC na prática. Os mesmos autores citam vários momentos onde aplicamos RBC no dia-a-dia: quando pedimos um tipo de carne no restaurante, estamos fazendo este pedido baseado em momentos anteriores que estivemos naquele restaurante; quando planejamos nossas atividades diárias, lembramos quais delas funcionaram ou não, e encima disto, criamos nossos planos. Quando as pessoas resolvem problemas, a segunda vez é sempre mais fácil que a primeira porque geralmente lembra-se e repete-se a mesma solução, com suas devidas características atuais, tentando evitar os erros cometidos na primeira vez.

Apesar de estar nos trabalhos de Roger Shank em 1977, a origem da técnica de RBC na IA (Watson, 1997), um dos primeiros sistemas a utilizar a técnica de RBC, foi o CYRUS (refer.), desenvolvido por Janet Kolodner em 1983. Roger Shank (1982) descreve a memória dinâmica e traz como regra central a importância das recordações de casos passados na resolução de problemas e aprendizagem. Outras correntes de pesquisa dentro do campo de RBC vêm de analogias, teorias de formação de conceitos, resolução de

problemas e aprendizado experimental dentro da psicologia e da filosofia. (Plaza e Aamodt, 1994).

CYRUS era baseado no modelo de memória dinâmica de Shank, e foi desenvolvido a partir da teoria de “MOPS” (memory organization packets), que têm como idéia principal, a organização de casos específicos que possuam propriedades similares sobre estruturas mais generalizadas (Plaza e Aamodt, 1994).

Um outro sistema que utilizou a técnica de RBC foi o PROTOS, desenvolvido na Universidade do Texas por Bruce Porter e equipe. O PROTOS enfatizava o conhecimento de casos específicos dentro de uma estrutura de representação de um campo não definido. Depois, o GREBE, uma aplicação no domínio da lei combinou casos com conhecimento de domínios gerais. O HYPO, sistema desenvolvido para interpretar uma situação na corte e produzir argumentos para ambas as partes, foi uma outra contribuição significativa para RBC. Para otimizar a performance em sistemas baseados em conhecimento, o CASEY foi criado por Phyllis Kotton do MIT (Plaza e Aamodt, 1994).

3.4. O CASO

O caso é a entidade computacional onde as experiências são representadas e manipuladas dentro do contexto de um sistema de RBC (Weber, 1997). A experiência abstraída no caso deve estar descrita em termos de seu conteúdo e contexto (Kolodner, 1993). O caso pode assumir diferentes formas de representação. O exemplo mais simples de um caso é uma experiência descrita através de atributos devidamente valorados.

Um caso é uma parte contextualizada de um problema que representa uma valiosa experiência da qual podemos aproveitar o(s) seu(s) ensinamento(s) (Kolodner, 1993).

Kolodner e Leake (2) colocam que um caso pode ter diferentes formas e tamanhos, associando soluções com problemas, resultados com situações ou vice-versa: “se o que for diferente numa nova situação ensinar algo que não possa ser facilmente inferido do novo caso já gravado, então é útil gravá-lo como um novo caso”.

Watson (1997) coloca que um caso é feito de dois componentes: a descrição do problema e a descrição da solução.

A descrição contida nos casos é uma interpretação da experiência no domínio da aplicação.

3.5. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE RBC

Deve-se salientar que as mesmas não devem ser planejadas isoladamente por estarem estreitamente relacionadas:

1. representação dos casos;
2. recuperação dos casos;
3. adaptação;
4. aprendizagem.

3.5.1. Representação dos Casos

Um caso é uma parte contextualizada de um problema que representa uma valiosa experiência de onde pode-se tirar boas lições no futuro. Um caso pode ser visto sob dois aspectos: o que ele pode ensinar e o contexto no qual ele se insere. Determinar o que é um caso, é o primeiro problema na modelagem do RBC (Weber, 1997). São os casos que contém elementos para que a solução do problema proposto seja alcançado.

Esta seção é composta por:

- ⇒ Modelagem dos Casos
- ⇒ Modelagem de Memória
- ⇒ Indexação

3.5.1.1. Modelagem dos Casos

Na representação dos casos há dois componentes básicos: a descrição do problema e a descrição da solução. A descrição do problema é realizada através da atribuição de características que descrevem o problema de entrada. A descrição da solução consiste em determinar quais características descrevem a solução do caso, apontando a solução do problema de entrada e informando qual o resultado da aplicação desta solução ao problema de entrada (Weber, 1996).

3.5.1.2. Modelagem da Memória

A base de casos consiste na coleção de casos que representam a base de conhecimento de um sistema de RBC. A memória compreende a base de casos e os mecanismos de acesso dessa base a outros módulos da arquitetura do sistema (Kolodner, 1993).

Apesar de ser um dos primeiros modelos de representação de conhecimento de IA, o modelo de memória com o uso de redes semânticas não é capaz de representar o conhecimento em sua totalidade (Slade, 1991). Como consequência dos esforços dos psicólogos também interessados na busca de um modelo de representação, Tulving (1983) apresentou o modelo de memória episódica. No intuito de encontrar um paradigma capaz de representar o conhecimento, os pesquisadores de IA continuavam sua busca, com os melhores resultados, em termos de raciocínio analógico, sendo alcançados pela equipe de Roger Schank em Yale. Suas pesquisas desencadearam o desenvolvimento do modelo de memória conceitual. (Schank, 1982), dos scripts e posteriormente dos “MOPS”, pacotes de organização de memória e do modelo de memória dinâmica (Schank, 1982).

Dentro do escopo de RBC, ao tratarmos de modelagem de memória existem dois aspectos que precisamos enfocar separadamente. O primeiro trata-se do tipo de filosofia de representação que um dado sistema simula, que pode ser, entre outros, memória episódica ou memória dinâmica. O segundo, utilizado quando pretende-se um enfoque de implementação (redes semânticas), a modelagem da memória trata da estrutura da organização adotada para os casos. (Weber, 1996).

3.5.1.2.1. Memória Prototípica

Um dos aspectos associados aos paradigmas em construção da memória, ou seja, da filosofia de representação da memória é a memória prototípica, que foi empregada primeiramente no sistema PROTOS desenvolvido por Porter e Bareiss (1986) para representar categorias de doenças auditivas. A memória prototípica é indicada especificamente para sistema que fazem classificação (Kolodner, 1993).

PROTOS representa uma experiência de aplicação de RBC que tem muita relevância porque ele se propõe a executar a tarefa de classificação, e esta tarefa é normalmente é

indicada para ser representada através de sistemas conexionistas. O PROTOS teve uma performance comparativamente superior, representando que o RBC é capaz de ter uma performance tão boa ou melhor que sistemas conexionistas também para tarefa de classificação.

A memória prototípica é utilizada para classificar um novo caso de entrada dentro de uma das categorias representadas na mesma. Uma das suas vantagens refere-se a um incremento na velocidade da recuperação na medida que o primeiro associa-se o novo caso a sua categoria (ou protótipo) para posteriormente procurar o caso mais similar somente entre os casos associados a este protótipo.

Ainda, a memória prototípica consiste numa representação de conhecimento especialista condizente com a forma que este conhecimento é transmitido pelos mesmos, ou seja os especialistas normalmente transmitem informações sobre o seu domínio de conhecimento de forma abstrata e genérica; mesmo que este conhecimento tenha sido adquirido através de experiências (Heinisch et al, 1997).

Dentro do projeto o qual o presente trabalho se insere, a utilização do paradigma da memória prototípica visa, inicialmente, construir uma memória capaz de abranger o subdomínio de prescrição de Atividades Físicas contemplando o conjunto essencial de categorias de prescrições.

Outra vantagem do emprego desta memória é a possibilidade da construção de uma memória que, apesar de pequena consegue abranger um subdomínio por inteiro, podendo servir como base inicial para um sistema que cresça em robustez com o próprio uso.

3.5.1.3. Indexação

A indexação de casos é feita a partir de um conjunto de características que representam um caso. A função da indexação é orientar a avaliação da similaridade dos casos da base. Segundo Watson (1997), os índices devem:

- ser prognósticos;
- endereçar os propósitos dos casos que serão usados;
- ser abstrato o bastante para permitir a ampliação dos casos da base;
- ser concreto o bastante para serem reconhecidos no futuro;
- variar com o domínio e com a tarefa do sistema.

Os índices representam uma interpretação da situação, a maneira como alguém pensa sobre determinada situação e a circunstância no qual ela ou ele querem lembrar o fato (Kolodner, 1997).

Kolodner (1996) que dois aspectos devem ser enfocadas ao tratar os índices: o primeiro é definir o vocabulário e o segundo é como estes índices vão ser valorados.

O sucesso do vocabulário de índices é determinado pelo conhecimento do domínio que o especialista possui, portanto este processo pode ser considerado uma representação do conhecimento (Kolodner, 1996).

Segundo Weber (1997), o que realmente interessa na indexação é o seguinte: em função da tarefa, definir um índice, é definir sobre qual dimensão (ões) a (s) experiência (s) serão comparadas sob o enfoque do especialista.

3.5.2. RECUPERAÇÃO DO CASO

Conforme Weber (1996), a partir de um problema a ser resolvido (problema de entrada), a etapa de recuperação consiste em fazer uma busca na memória de casos. A busca por casos é feita por algoritmos que selecionam casos com determinada similaridade com relação ao problema de entrada, e resulta na sugestão de um caso a ser reutilizado.

Destes, um caso é selecionado ou alguns casos são combinados para compor a sugestão para o problema de entrada. As tarefas envolvidas na etapa de recuperação de casos são:

- ⇒ Avaliação e Métrica da Similaridade
- ⇒ Recuperação
- ⇒ Seleção

3.5.2.1. Avaliação e Métrica da Similaridade

A avaliação também é considerada conhecimento especialista no momento em que é o resultado do valor numérico dado para avaliar a similaridade entre os dois casos, número este que representa o conhecimento do especialista.

No momento em que se tem a avaliação, deve-se fazer uma segunda aquisição do conhecimento com o especialista para definição dos pesos. Assim, o especialista pode definir qual índice é mais importante. Neste momento, deve-se utilizar algumas heurísticas para fazer aquisição do conhecimento (Durkin, 1994), na tentativa de captar qual peso que vai ser suportado, até o momento em que todos os aspectos que envolvem a recuperação estão representando realmente o que o especialista deseja. Todas estas variáveis são interligadas e devem guiar desenvolvimento da métrica da similaridade.

Uma das maneiras de se fazer a aquisição do conhecimento com objetivo de saber o peso dos índices, é solicitar que o especialista faça uma lista em ordem de importância (Weber, 1997).

A similaridade é o ponto crucial de RBC, pois a partir desta etapa, todo processo de raciocínio que fundamenta esta técnica torna-se viável. Avalia-se a similaridade do caso a ser solucionado (problema de entrada) com os casos candidatos. O que faz um caso ser similar ou não a outro é a semelhança das características que realmente representam o conteúdo e o contexto da experiência.

A métrica da similaridade é uma função que mede a similaridade entre dois casos, ela é utilizada para guiar a busca pelos casos mais similares que serão ordenados segundo a mesma (Weber, 1996).

A partir da comparação dos casos da base com os casos de entrada, dá-se um valor numérico à similaridade, que utiliza a função do cálculo vizinho mais próximo:

$$\text{Similaridade}(T, S) = \sum_{i=1}^n f(T_i, S_i) \times W_i$$

Onde:

T é o caso de entrada

S é o caso da base

n é o número de atributos de cada caso

i é um atributo individual

f é a função de similaridade para o atributo i nos casos T e S

W é o peso dado ao atributo i

3.5.2.2. Seleção

Seleção é a última etapa da fase de recuperação, ela é mais específica do que a busca pelo conjunto de casos mais similares. A seleção pode ser implementada de várias formas, a mais óbvia é revisar os elementos que determinam a similaridade entre os casos, visando uma comparação mais apurada. A importância desta etapa se dá pelo fato de que ela gera o resultado para a solução do problema, ou seja, será a saída do sistema (Weber, 1996).

3.5.3. ADAPTAÇÃO

A adaptação é o grande “gargalo” de RBC hoje em dia (Leake, 1996).

Uma etapa de revisão confirma a seleção do caso escolhido e avalia suas diferenças para o problema de entrada para guiar a adaptação.

Após selecionado o caso que resolverá o problema de entrada, o próximo passo é comparar este caso ao problema de entrada para verificar a necessidade de adaptação.

Adaptação tem a função de alterar um caso, se necessário, para solucionar o problema de entrada. Avalia-se as diferenças entre os casos recuperados e o problema de entrada (Weber, 1996).

Watson (1997) afirma que *“a menos que a adaptação possa ser feita facilmente e utilizando parâmetros bem compreendidos, caso contrário meu conselho é que deve ser evitada”* e coloca também *“que a adaptação, em muitos casos pode ser considerada o calcanhar de aquiles de RBC”*.

Isto justifica o fato de, no sistema em discussão, ter-se optado por utilizar uma etapa de interação do especialista com o sistema para que se possa avaliar as necessidades de adaptação.

3.5.4. Aprendizagem

Após realizada a adaptação, a solução do caso selecionado pode ser então reutilizada para resolver o problema de entrada.

A etapa de avaliação pode ser realizada de duas formas: pode ser programada para execução automática ou com a participação do usuário. É nesta etapa de avaliação da

solução adequada ao problema de entrada, que se observa a qualidade da solução, com o intuito de definir se esta tem condições de ser adicionada à memória ou não. Alguns autores sugerem que a solução que não foi bem avaliada deve ser incluída de uma observação que permita o sistema agregar este conhecimento para, após repetidas situações, ser retirada da memória. A aprendizagem em um sistema de RBC dá-se no ato da inclusão do caso adaptado, reutilizado e avaliado (Weber, 1996).

Leake (1996) comenta que na medida em que os casos vão sendo utilizados, pode-se colocar alguns atributos que apresentem o resultado da reutilização daquele caso. Assim, consegue-se aprender com a experiência, evitando de utilizar um caso similar que não tenha dado certo.

3.6. VALIDAÇÃO

Segundo Weber (1996), a avaliação de um sistema de RBC pode ser feita adequando os métodos de validação de outros sistemas inteligentes, porém os próprios sistemas baseados em RBC possuem um conjunto de técnicas de validação exclusivas. Uma das questões exclusivas dos sistemas de RBC, baseada na definição desta técnica, avalia-se a tarefa para qual o sistema é proposto, quando executada por especialistas humanos, realmente baseia-se em casos.

Em termos gerais, estas são algumas das características a serem consideradas para avaliação de sistema de RBC:

- ⇒ características técnicas: tais como estabilidade e operacionalidade;
- ⇒ escolha do problema: se o problema é próprio para o tipo de raciocínio;
- ⇒ características organizacionais: se o sistema é adequado à operação dentro de uma organização;
- ⇒ características econômicas: retorno do investimento, aumento na qualidade de serviços;
- ⇒ características estratégicas: se a memória de casos pode ser vista como um ativo;
- ⇒ qualidade e eficiência com relação às principais etapas de um sistema baseado em casos: recuperação, adaptação, representação dos casos e aprendizagem;

⇒ com relação à aprendizagem: além de avaliar a eficiência e qualidade, deve ser considerado se o aumento de robustez resultante da aprendizagem irá realmente beneficiar a qualidade do sistema ou diminuir sua velocidade, utilidade e eficiência;

⇒ avalia-se o sistema comparativamente a especialistas humanos em dois momentos: num primeiro, apenas compara-se o sistema ao especialista, num segundo momento, o especialista utiliza o sistema como um colega ou um assistente técnico. Nesta etapa, calcula-se os percentuais em que o especialista utilizou as sugestões oferecidas pelo sistema.

3.7. APLICAÇÕES

Dois são os tópicos pertinentes às aplicações considerados relevantes: quais os tipos de aplicações são adequados e quais são as importantes aplicações que podem orientar e ilustrar o potencial dos sistemas de RBC.

Muitas das aplicações que podem ser implementadas em um sistema baseado em casos são comuns a outras técnicas de IA. Genericamente, estes são alguns dos tipos de problemas endereçados: interpretação, projeção, diagnóstico, análise e elaboração de projetos, formação de preços, desenvolvimento de propostas, planejamento, configuração, escalonamento, monitoramento, depuração, consertos, análise situacional, classificação, instrução, aprendizagem e controle (Grup, 1993) apud Weber (1996).

Abaixo encontram-se uma lista de aplicações, algumas em atividade de comercialização, outras são sistemas desenvolvidos apenas com objetivo de pesquisa. Vale ressaltar que não foi encontrado nenhum sistema que se aproxime dos objetivos por este proposto. O comentário que acompanha o nome das aplicações é uma tentativa de classificar as aplicações conforme os tipos de problemas resolvidos pelos sistemas:

ABBY - conselheiro romântico;

ARCHIE - Projetos arquitetônicos;

CADET - Projeto de componentes mecânicos;

CASEY - Diagnostica a causa e a solução para problemas cardíacos;

CELIA - Diagnóstico de automóveis;

CHEF - Planejamento de receitas;

CLAVIER - Projeto de Layout de autoclave;

CAMPAQ - help desk para suporte a clientes, fazendo diagnóstico e reparos;

GREBE - Aplica regras baseadas em preceitos legais e bom senso sobre casos legais, para identificar e explicar consequências legais de uma situação;

HYPO - Constrói argumentos tanto para defesa como para acusação utilizando casos legais que compartilham das mesmas características;

JUDGE - Constrói sentenças para crimes de homicídio praticados por delinquentes juvenis a partir de situações de briga;

MARS - Analisa transferências e regulamentações corporativistas;

MEDIATOR - Planejamento, diagnóstico e consertos; para mediar disputas, o sistema identifica metas e submetas das partes e busca uma solução que é um plano que visa atingir metas sujeito a restrições;

NETTRAC - Planejamento e monitoramento de administração de tráfego em redes de telefone público;

PERSUADER - Atua como mediador de negociações sindicais, adapta planos considerando as metas e restrições dos agentes envolvidos, elabora argumentos e adapta os padrões praticados na indústria;

PLEXUS - Planejamento de tarefas cotidianas;

PRISM - Classificação de textos e roteamento de telexes interbancários;

PROTOS - Classificação heurística para diagnóstico;

SQUAD - Controle de qualidade de softwares;

SWALE - Gerador de explicações.

3.8. REPRESENTAÇÃO DO RACIOCÍNIO EM RBC

Os seres humanos resolvem problemas combinando fatos com conhecimento. Fatos sobre um problema específico são utilizados para, somados a um entendimento do problema, derivar conclusões lógicas (Durkin, 1994).

Basicamente, as formas de raciocínio são:

1) O *Raciocínio Dedutivo* é uma das técnicas mais usadas do raciocínio humano na resolução de problemas. Trata-se de deduzir novas informações a partir de informações já

obtidas. Parte-se do seguinte pensamento: Se A é verdadeiro e A implica em B , então B é verdadeiro. Por exemplo:

Aplicação: Eu ficarei molhado se continuar chovendo

Ação: Eu permaneço na chuva

Conclusão: Eu ficarei molhado (Durkin, 1994)

2) O *Raciocínio Indutivo* utilizam fatos que acontecem geralmente e chegam a conclusões generalizadas. Através do raciocínio indutivo, é formada uma generalização. Por exemplo:

Premissa: Os macacos do zoológico de Pitsburg comem bananas.

Premissa: Os macacos de Cleveland comem bananas.

Conclusão: Em geral, todos os macacos comem bananas.

Existem ainda, outras formas ainda:

3) *Raciocínio Abdução*: Abdução é uma forma de dedução que permite conclusões obtidas a partir de informações disponíveis, apesar de não se ter certeza da veracidade dessa conclusão. Por exemplo:

Implicação: A terra fica molhada se chover

Ação: A terra está molhada

Conclusão: Está chovendo?

4) *Raciocínio de Senso Comum*: Através de experiências, os seres humanos aprendem a resolver problemas eficientemente. Eles utilizam seu senso comum para rapidamente chegar a uma conclusão. O Raciocínio de Senso Comum confia mais num bom julgamento do que numa lógica exata.

5) *Raciocínio não-monotônico*: Para muitas situações, o raciocínio sobre um problema utiliza informações estáticas. Assim, durante o processo de resolução do problema, o estado (verdadeiro ou falso) dos vários fatos, permanecem constantes. Este é o tipo de raciocínio monotônico. Os seres humanos têm uma pequena capacidade de manter o caminho quando ocorre mudanças nas informações. Quando alguma coisa muda, é possível se ajustar facilmente outros eventos dependentes. Este tipo de raciocínio é conhecido como raciocínio não-monotônico.

No caso de RBC especificamente, utiliza-se da analogia para representar o raciocínio. Na forma de Raciocínio Analógico, os seres humanos formam um modelo mental de alguns conceitos através de suas experiências. Eles utilizam este modelo de raciocínio analógico para ajudá-los a entender algumas situações ou objetos. São feitas analogias entre eles, observando as similaridades e diferenças para guiar suas conclusões. Este é o tipo de raciocínio que fundamenta a técnica de RBC.

3.9. RESUMO DAS VANTAGENS DO RBC

Abaixo encontram-se, resumidamente, algumas das vantagens oferecidas pela técnica de Raciocínio Baseado em Casos:

- **Extração do conhecimento:** basta ter um banco de dados. A difícil fase de extração do conhecimento pode ser feita com o preenchimento direto dos fatos que descrevem uma experiência. O paradigma proporciona uma excelente mecanismo de aprendizagem, que pode ser utilizado para aquisição automática de conhecimento (Simoudis,1991);
- **Aprendizagem:** a atualização do conhecimento pode ser feita automaticamente, na medida que as experiências são utilizadas, assim o sistema pode crescer e incrementar sua robustez e eficiência (Kolodner, 1993);
- **Justificativas:** as justificativas são sempre consistentes com as soluções por serem as próprias experiências, representando mais um aspecto de proximidade ao comportamento humano do paradigma. Além disso, as justificativas podem avisar sobre possíveis riscos que o uso de determinada abordagem pode implicar (Weber, 1996);
- **Fácil acesso às soluções.** São destacadas outras importantes vantagens dos sistemas de RBC que reduzem o espaço de solução. Primeiro, estes sistemas podem recuperar uma solução rapidamente, ao contrário de outros sistemas que precisam fazer todo um trabalho para buscar uma solução numa vasta base de conhecimento. Outra vantagem refere-se ao fato de que o problema deve ser identificado pelo sistema o suficiente para recuperar uma solução, não é necessário que o sistema entenda perfeitamente as condições e circunstâncias do problema para propor uma solução. Os sistemas de RBC

também proporcionam um meio de resolução de um problema quando não houver um algoritmo disponível para avaliação e resolução do mesmo (Leake, 1996);

- Raciocínio implícito. A incerteza implícita nas informações contidas nos casos é utilizada sem a necessidade de uma tratamento específico desta (Riesbeck e Schank, 1989).

4. IMPLEMENTAÇÃO DE RBC NA PRESCRIÇÃO DE ATIVIDADES FÍSICAS

4.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo relatar detalhadamente as etapas vivenciadas no desenvolvimento do sistema, além de esclarecer a técnica escolhida.

4.2. SISTEMAS ESPECIALISTAS

No intuito de tentar explorar e pesquisar a utilização da Inteligência Artificial (IA) na tarefa de prescrição, a primeira ferramenta considerada foi os sistemas especialistas (vide seção 3.1). Para fazer um sistema baseado em regras, (e partindo dos 174 dados de entrada considerados relevantes no processo total de avaliação) os 174 *inputs* deveriam contemplar um total de regras, isto é, para cada input deveria haver uma combinação de possíveis valores. Este fato resultaria num número de regras que representa uma demanda de engenharia de conhecimento extremamente exaustiva, motivo este, responsável por um questionamento a respeito deste procedimento, não somente em função do número de *inputs*, mas também da variabilidade de valores que os *inputs* poderiam assumir.

4.3. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

A alternativa que a literatura de IA oferece é a técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC), onde o conhecimento origina-se a partir de experiências sobre o domínio (vide seção 3.2).

Constatou-se que RBC contém vantagens que representam uma ferramenta com um bom potencial para representação dessa tarefa. A vantagem de aquisição do conhecimento oferecida por RBC surge na medida em que se tem as descrições das experiências sobre este domínio, diminuindo, em muito, a necessidade de aquisição do conhecimento, porque a fonte básica do conhecimento está nas experiências. Os passos seguintes referem-se a

decisões sobre modelagem de representação, manipulação, acesso, recuperação e comparação das experiências contidas em alguma fonte.

O primeiro passo para implementar a tarefa de prescrição de atividades físicas através de RBC, foi representar no sistema de RBC, a experiência sobre o domínio. Em RBC o caso é a entidade que é usada para representar a experiência, ou seja, para representar a interpretação dessa experiência. O caso é esta entidade que proporciona que as experiências possam ser manipuladas dentro do contexto da implementação do sistema de RBC.

As experiências aqui neste contexto são as prescrições. É uma situação onde o especialista recebe seu cliente (aluno ou paciente), experimenta os mesmos *inputs* (174), raciocina, e como saída do raciocínio, resulta a prescrição.

Para um projeto de RBC é necessário uma base de casos e seus mecanismos de acesso ao uso, chamado de memória. Para ser feita a recuperação, é preciso fazer avaliação da similaridade, interface para receber as informações do usuário e uma forma de apresentar os resultados. Além disso, planejar e programar a adaptação e a aprendizagem. Neste processo contínuo, como um espiral, todas as etapas devem ser testadas, e por isso, o sistema cresce passo a passo, onde todas as etapas devem ser pensadas em conjunto.

4.3.1. MODELAGEM DOS CASOS

Os casos são descritos a partir da descrição do problema (*inputs*) e da descrição da solução (prescrição). Na medida em que o sistema contempla a descrição da entrada resultando na descrição do problema (prescrição), demonstra-se esta vantagem do RBC, pois quando a tarefa é realizada por um especialista humano, a prescrição é gerada a partir do diagnóstico, mostrando, neste caso, que o sistema não necessita a representação implícita do conhecimento, conseqüentemente também não necessita a aquisição do conhecimento com o especialista.

Como representar a experiência através de casos, trata-se da questão da modelagem (vide seção 3.5.1). Uma experiência de prescrição envolve uma relação de contato do especialista com o cliente, com objetivo de levantar algumas informações a respeito de seu estado geral de saúde, objetivos e condição física atual. (vide seção cap.2).

Visto que, estas informações contidas na entrevista são os elementos fundamentais a serem representados, definiu-se, então, representar a experiência da prescrição através dos casos por uma lista de atributos cujos valores levassem o especialista a considerar a descrição do problema.

A descrição do problema é realizada através dos casos de entrada. Através da experiência dos especialistas, criou-se uma lista de atributos (conjunto de informações que considera-se importantes na hora da prescrição).

Sistemas encontrados na literatura (CASEY - diagnóstico de doença cardíaca) (Kolodner, 1993) onde estão levantados um conjunto de características (sinais e sintomas) que visam solucionar um problema, normalmente são tratados como diagnóstico, por exemplo, um diagnóstico médico, avaliação nutricional. O objetivo do diagnóstico é verificar em que classe de problema o indivíduo se encontra.

A descrição da solução é a prescrição, com todas as características de projeto, pois apresenta aspectos associados a função dentro de determinado projeto.

Diante disto, deparou-se com a seguinte situação: o protótipo em discussão apresentava características de diagnóstico e características de projeto. A descrição do problema é representada dentro das diretrizes e pelas experiências da literatura com implementação de sistemas de diagnóstico, mas, neste trabalho, o diagnóstico não é feito explicitamente, pois a tarefa é a prescrição, onde os elementos que levam à prescrição são elementos de diagnóstico. Apesar da prescrição de exercícios ter atributos que contenham características de RBC feito para design (projeto), como o sistema possui elementos de diagnóstico, essa prescrição é um RBC que faz classificação.

No momento de representar e escolher os atributos e os índices para a descrição dos problemas, observou-se que os mesmos apresentavam natureza de diagnóstico, porém, no momento de escolher os atributos e os índices para descrição da solução observou-se que os mesmos apresentavam natureza de projeto.

Nos Intermediários são implementados computacionalmente os elementos de cálculo para iniciar a avaliação do usuário e a prescrição da solução, que são atributos fundamentais de projeto, onde se considera funções desses atributos, e não são considerados significativas como seria se fizesse planejamento. É importante a natureza dos atributos no momento de interpretar a experiência e considerar o tipo de tarefa.

Neste momento de desenvolvimento, concluiu-se que os *inputs* do usuário, assim como peso e estatura, não seriam realmente os que estavam associados à prescrição. Então, para um esclarecimento maior do exercício e também para atingir um dos objetivos específicos, que seria disponibilizar para o usuário sua avaliação, na hora da representação do caso, criou-se-se outro tipo de atributo intermediário onde foi armazenado valores calculados a partir dos *inputs* dos usuários.

4.3.2. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DOS CASOS

Iniciou-se a representação dos casos visando contemplar uma diversidade de condições físicas que estariam associadas a um determinado diagnóstico e respectivamente levariam a um tipo de prescrição.

Com relação à estrutura organizacional, optou-se por uma estrutura plana, porque a estrutura do domínio não justificaria outro tipo de filosofia de memória, por exemplo a memória dinâmica. Pretendeu-se, reunir o maior número possível de casos (experiências passadas) para reduzir as necessidades de adaptação. O objetivo inicial foi ter um sistema que para cada caso de entrada pudesse ter um caso suficientemente próximo, pensando em casos suficientes que contemplassem as situações das regras.

4.3.3. Natureza dos Atributos

Formado o conjunto de casos, que representam o domínio, o passo seguinte foi a avaliação da similaridade. O especialista é o único capaz de dizer o que faz um caso ser similar ao outro quando no momento da representação do seu raciocínio. Esta avaliação da similaridade permite que a partir de uma nova situação comparada com todos aqueles elementos da base, que se verifique uma ordem de similaridade a ser mensurada através de uma métrica, para assim, fazer a avaliação da similaridade, a partir da valoração dos casos mais similares da base.

Na realização desta etapa, sentiu-se a necessidade de levantar os índices. A teoria de RBC sobre índices (Kolodner, 1996) é agrupado em “indexing vocabulary que é a definição de quais os atributos que devem ser considerados como índices, e “indexing assignment”

index in vocabulary, ou seja, o que é realmente fundamental para a recuperação. O necessário é a prescrição com mínimas necessidades de adaptação.

A princípio, este sistema não realiza a etapa da adaptação, porque o objetivo é ter uma base com centenas de casos, em que um novo caso possa ser capaz de receber uma prescrição baseado na similaridade com outro da base. O “indexing assignment” que é como valorar, trata de qual é o nível de abstração, generalização ou especificidade que se deve tratar.

4.3.3.1. Indexação

Após definir um conjunto de índices, a avaliação da similaridade foi feita da seguinte maneira, por exemplo, a idade, foi tratada dentro de uma faixa adequada. Foi dado um valor para similaridade e comparado com o caso de entrada e com o caso da base. Estes casos da base, quando estão sendo comparados ao caso de entrada, são chamados de caso candidatos. A comparação foi realizada a nível dos índices, para todos os casos.

4.3.3.2. Avaliação da Similaridade

Através da ponderação dos índices, o conhecimento do especialista foi representado. A avaliação da similaridade é feita a partir da determinação de um valor entre 0 e 1 para medir a similaridade. Para comparar o caso de entrada com o caso da base com relação à idade, por exemplo, se as idades forem diferentes a similaridade será zero e se eles estiverem na mesma idade será um. Se os dois estiverem na mesma faixa de idade, a distância da idade vai definir valores mais próximos de zero.

4.4. RECUPERAÇÃO/ADAPTAÇÃO

Com a avaliação da similaridade concluída, foi dado início à testagem do sistema. Uma maneira de validar o sistema de RBC é no momento em que se faz uma recuperação, verificar o mais similar e observar se o valor é maior. Houve uma tentativa de identificar estes valores, porém, como o sistema apresenta um conjunto pequeno de casos, o número de inputs (176) dificultou este procedimento e a solução seria utilizar os casos reais.

Em se tratando de diagnóstico, existe uma alternativa proposta pela literatura referente ao PROTOS, onde sugere uma abordagem através da memória prototípica.

Concluiu-se que ter uma memória prototípica significaria o seguinte: uma base casos hipotéticos ou protótipos que não representam uma instância, e sim uma categoria de prescrição de exercícios. Através de uma base prototípica poderia-se utilizar um novo caso real, ao invés de entrar com trezentos casos, entraria-se somente com os *inputs*, e depois seria feito a recuperação da categoria, isto é, onde estaria classificado aquele caso. Para a recuperação da categoria, traz-se a categoria e questiona-se a necessidade de adaptação. No momento em que se faz a prescrição, pode-se agregar estes casos à esta base, fazendo um link desta base de casos reais à esta base de protótipos. Fazendo isto em conjunto com o sistema, facilitaria o processo de aquisição de novos casos, além de estar preenchendo um outro objetivo, que é representar o conhecimento do especialista de uma forma similar à forma que o especialista representa na mente. Normalmente, prescreve-se através de categorias para classificação de todos os testes e medidas. Com a memória prototípica de categoria, o conhecimento seria representado de uma forma mais natural ainda dentro do domínio.

A decisão pela memória prototípica tem basicamente três alicerces: 1) o fato de representar o conhecimento de uma maneira próxima como os especialistas lidam com esta informação, ou seja, de forma mais genérica; 2) a outra questão é a facilidade de aquisição destes casos, que ao invés de buscar no passado experiências pode-se, entrar com casos atuais, quer dizer, com a memória prototípica classifica-se dentro de uma categoria de prescrição e pode-se acrescentá-lo à base e o especialista pode dar a prescrição, assim o sistema aprende com a experiências e ele adquire estes casos, cada um ligado a sua categoria. Durante a fase de maturação, quando o sistema estiver com um número de casos reais suficientes para ser validados, o novo caso deve ser recuperado primeiro para categorizar e depois os casos similares são recuperados e comparados àquela categoria, não necessitando fazer busca e comparar a similaridade do caso de entrada com todos os casos da base, que consistia do objetivo inicial, quando tratava-se de desenvolver um sistema especialista. 3) Desta forma, proporciona um mecanismo que facilita a aquisição das necessidades de adaptação, para que no momento em que o sistema estiver pronto, fiquem reduzidas estas necessidades, pois adaptação é considerada um gargalo de RBC.

Na medida em que se definiu fazer memória prototípica, precisou-se definir categorias. Uma combinação através dos 174 *inputs*, seria retornar ao problema dos sistemas especialistas. Já que a tarefa deste protótipo é prescrição e todas as decisões na hora de implantar um sistema de RBC devem ser tomadas em função da tarefa, então, na prescrição, os seguintes elementos devem estar esclarecidos: tipo de atividade, número de vezes por semana e duração.

Foi feita uma aquisição do conhecimento com a especialista, para saber quantas categorias seriam necessárias. A questão da idade, que foi fundamental para comparar o caso de entrada ao caso real, passou a ser irrelevante, a partir do momento em que se compara o caso de entrada com as categorias, dependendo da adaptação, porque uma pessoa muito jovem ou uma de mais idade pode realizar as mesmas atividades, dependendo do nível de aptidão física.

Diante disto, foi preciso reconsiderar a questão da indexação, necessitando determinar outros índices, que foram tipo de atividade, número de vezes por semana e a duração. Então, através da combinação destes três elementos, conseguiu-se criar uma memória prototípica.

Dentro desta tarefa de projeto, a construção da memória prototípica tornou-se mais viável, partindo-se do resultado, da descrição do problema, da combinação das soluções e das categorias de soluções, e não das categorias de descrição. Isto implica necessariamente que, dentro da teoria de RBC, perante uma tarefa de prescrição, não se está fazendo diagnóstico e sim prescrição.

4.5. RESULTADOS

Feito este levantamento, pôde-se utilizar um novo caso, categorizá-lo através da avaliação da similaridade, verificar se existiam casos armazenados na base que fossem similares, e verificar a necessidade de adaptação, caso contrário, este novo caso seria agregado à base fazendo um link à categoria para que pudesse ser recuperado.

Assim, aumentou-se a essência da recuperação e desenvolveu-se um mecanismo capaz de avaliar a necessidade de adaptação.

5. APLICAÇÃO

5.1. Introdução

Este capítulo tem como objetivo apresentar as fases envolvidas no desenvolvimento deste trabalho.

Nesta seção será descrita a aplicação de uma sistema de RBC, utilizando o ambiente de programação Delphi⁴ e respeitando as premissas teóricas vistas nas seções anteriores.

O trabalho de prescrição de exercícios é realizado por um especialista da área de educação física. Este processo ocorre de forma sistemática e o especialista coleta informações da pessoa como, por exemplo:

- Sexo;
- Objetivo;
- Idade;
- Dobras Cutâneas;
- Patologias anteriores e atuais;
- Medicamentos.

Mediante a avaliação destas e outras variáveis, o passo seguinte que o especialista executa é “projetar” uma prescrição de atividade física personalizada que atenda as necessidades e interesses do indivíduo. Portanto, tal tarefa pode ser representada por um sistema de RBC que execute a tarefa de projetos. A tarefa escolhida foi a de projetos por ser a que mais se assemelha ao processo de inferência do especialista. Poderia ter sido escolhida, por exemplo, a tarefa de diagnóstico, entretanto, o objetivo deste protótipo não é rotular ou enquadrar os indivíduos e sim prescrever-lhes atividades físicas, mesmo que indiretamente o sistema faça um diagnóstico prévio para tal operação.

O RBC tem capacidade de prescrever sem conhecer os detalhes básicos para a prescrição, utilizando apenas as experiências anteriores. Isto ilustra o benefício de uma das grandes vantagens de sistemas de RBC sobre as outras técnicas de IA, que é a de não exigir

⁴ O Delphi é um ambiente de desenvolvimento de aplicações, orientado a objeto, voltado à programação visual. Sendo assim, permite o desenvolvimento de aplicações para os sistemas operacionais Windows 3.11, Windows 95 e Windows NT.

que todo conhecimento seja representado de forma explícita, dado que as soluções são obtidas através da reutilização de casos passados.

A implementação deste protótipo possui os seguintes módulos:

- representação dos casos;
- memória prototípica;
- módulo de recuperação;
- reutilização;
- interface.

5.2. Representação dos Casos

A representação dos casos possui dois componentes básicos que devem ser abordados:

- descrição do problema;
- descrição da solução

A estrutura adotada para tal organização dos casos foi uma tabela criada no *Paradox 7.0*. Tal estrutura foi adotada pela facilidade que a mesma apresenta no que tange à inclusão, exclusão e alteração de um caso.

Os casos foram representados através de uma lista de atributos devidamente valorados, sendo que suas características referem-se ao par atributo-valor. Um caso neste protótipo possui 174 variáveis relevantes para a prescrição de um exercício físico.

O anexo B possui a descrição de um caso, juntamente com a explicação de cada atributo que o compõe.

A descrição da solução neste protótipo é o projeto de prescrição de atividades físicas, apontando os exercícios a serem praticados, o número de vezes por semana, sua duração, intensidade e a velocidade a ser alcançada (caso o exercício em questão possua tal característica).

5.3. Módulo de Recuperação

Após a representação dos casos, iniciou-se a definição do dicionário de índices e os pesos de cada índice para ser avaliada a similaridade. A partir da modelagem dos casos, é

necessário definir quais atributos orientarão a recuperação, para, assim, dar início à construção do módulo de recuperação.

5.3.1. Indexação

O vocabulário de índices é composto pelos atributos:

- Sexo;
- Objetivos;
- Idade (data de nascimento);
- Índice de massa corporal (IMC);
- Relação cintura quadril (RCQ);
- Aptidão Física;
- Vo_2 máximo.

Apesar de homens e mulheres, de uma forma geral, responderem de forma semelhante às adaptações provocadas pelo exercício, o atributo *sexo* deve ser considerado quando da prescrição.

Os *objetivos* neste sistema estão divididos em: 1) melhorar aptidão cardiorrespiratória/emagrecer e/ou 2) desenvolver força/hipertrofia.

O atributo *idade* é um dos mais importantes para se efetuar uma prescrição segura e eficiente (Skinner, 1997).

O *índice de massa corporal* (IMC) representa a relação entre a massa corporal e a estatura. Esta relação é um indicativo da composição corporal e pode ser utilizada para análise das condições de saúde.

O atributo IMC é calculado a partir da fórmula demonstrada abaixo:

$$IMC = 100 * (\text{Peso atual}) / \text{Sqr} (\text{Estatura})$$

A relação cintura/quadril (ICQ) representa a relação entre a medida de circunferência

do quadril e a medida de circunferência da cintura. Esta medida torna-se importante pois ela apresenta uma relação direta com o risco para doenças coronarianas, partindo-se da idéia de que as pessoas que acumulam gordura nas regiões periféricas tendem a ter menos doenças do coração.

A relação cintura/quadril é calculada a partir da fórmula demonstrada abaixo:

$$ICQ = \text{circunferência da cintura} / \text{circunferência do quadril}$$

Apesar do conceito de “Aptidão Física” (vide seção 2.2) envolver um conjunto de variáveis (capacidade de desempenho e respostas a uma série de esforços e testes) (Skinner, 1997), por motivos técnicos de implementação, neste sistema, chamou-se de aptidão física o conjunto de testes citados no capítulo 2 (seção 2.2).

O consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx.) é estimado através dos testes de aptidão cardiorrespiratória citados no capítulo 2 (seção 2.2 - b), conforme atributo idade preenchido nos dados de entrada do indivíduo.

Estes atributos devidamente valorados guiam a similaridade existente entre o caso de entrada e os casos da base, com o intuito de recuperar os mais similares.

5.3.2. Avaliação da Similaridade

A avaliação da similaridade acontece após a identificação das características do problema de entrada. Com isto, os índices do caso de entrada são comparados, um a um com cada candidato da base gerando assim um valor similar com cada caso da base. Genericamente atribui-se valor um para índices iguais e zero para índices diferentes. Entretanto, alguns índices receberam valores parciais de similaridade para tal avaliação, na tentativa de representar graus intermediários de similaridade.

O índice Idade recebeu faixas para se avaliar a similaridade.

Faixa 1 - de 18 a 25 anos de idade;

Faixa 2 - de 26 a 35 anos de idade;

Faixa 3 - de 36 a 45 anos de idade;

Faixa 4 - de 46 a 55 anos de idade;

Faixa 5 - de 56 a 65 anos de idade.

Portanto, quando o atributo Idade do caso de entrada está na mesma faixa do atributo Idade do caso da base, um valor de similaridade é calculado pela distância seguindo os valores da Tabela 6 e 7. Sendo que foi preciso a criação de duas tabelas, pois a primeira possui um intervalo menor do que as outras respectivamente.

Tabela 6: Valores similares criados para o cálculo da similaridade do atributo Idade na faixa 1.

Distância	Valor Similar
0	1
1	0.879
2	0.75
3	0.625
4	0.5
5	0.375
6	0.25
7	0.125

Tabela 7: Valores similares criados para o cálculo da similaridade do atributo Idade nas faixas 2,3 4 e 5.

Distância	Valor Similar
0	1
1	0.9
2	0.8
3	0.7
4	0.6
5	0.5
6	0.4
7	0.3
8	0.2
9	0.1

Exemplo:

Supondo que o caso de entrada tenha 20 anos de idade, e o caso da base tenha 25. Os índices estão na mesma faixa portanto deve haver um valor de similaridade respectivo.

Valor de similaridade do índice idade $= (20 - 25)$

Observando na tabela 2, a distância = 5, o valor de similaridade do índice idade é igual a 0.375.

Outro índice que recebeu faixas e valores parciais de similaridade foi o atributo Índice de Massa Corporal (IMC). Os valores similares criados são apresentados na tabela 8. Sendo que o método de cálculo para o valor similar é um pouco diferente. Quando o valor do IMC do caso de entrada não está na mesma faixa do caso da base, é preciso verificar se os valores não estão em faixas vizinhas, se estiverem, então atribui-se o valor similar respectivo.

Faixa 1 - abaixo de 15;

Faixa 2 - entre 16 e 17;

Faixa 3 - entre 17.01 e 18,4;

Faixa 4 - entre 18.5 e 25;

Faixa 5 - entre 25.01 e 30;

Faixa 6 - entre 30.01 e 39.9;

Faixa 7 - acima de 40

Tabela 8: Valores similares criado para o cálculo da similaridade do atributo IMC

Condição	Valor Similar
Mesma Faixa	1
Faixas Vizinhas	0.5
Fora da mesma faixa e não vizinhas	0

Além dos valores de similaridade, os índices receberam pesos, que variam de acordo com o seu grau de importância. O grau de importância de um índice foi elaborado juntamente as pessoas envolvidas (especialista e engenheiro do conhecimento) neste protótipo. Através de entrevistas, foi solicitado ao especialista que ordenasse de forma relevante os índices de acordo com o seu conhecimento. Após esta etapa, os índices receberam valores numéricos para representar a força de sua relevância. A consistência dos pesos foi verificada através de testes, visando uma calibragem até que se obtivessem medidas de similaridade maiores entre os casos mais similares. As etapas de atribuição de pesos aos índices com sua devida calibragem são interativas, portanto, antes que o

protótipo atinja uma maturação estes pesos ainda podem ser revistos. O processo de atribuição de pesos também representa o conhecimento do especialista. A meta é modelar os níveis de importância de cada índice com relação à avaliação de similaridade entre dois casos para a tarefa de prescrição. Os pesos atribuídos aos índices são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Pesos atribuídos aos índices

Índice	Valor do peso
Idade	12
Sexo	8
VO ₂	5
Aptidão Física	4
Objetivos	3
Índice de Massa Corporal (IMC)	2
Relação Cintura Quadril (ICQ)	1

5.3.3. Métrica da Similaridade

Para medir a similaridade entre o caso de entrada e os casos candidatos, necessita-se de uma função chamada de métrica da similaridade. A métrica da similaridade é utilizada para medir a similaridade entre os casos. A métrica da similaridade atribui um valor numérico para a similaridade. No protótipo, utilizou-se a média ponderada, dada pela expressão abaixo:

$$\text{Fórmula: } \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

Assim, representou-se a relevância de cada índice (X_i , $i = 1, \dots, n$) através de pesos (Y_i , $i = 1, \dots, n$). Entre cada caso candidato e o caso de entrada, obtém-se um valor similar entre os casos. Para guardar este valor similar foi criada uma tabela auxiliar que contém o número do caso e seu valor de similaridade. Tal estrutura pode ser vista na Figura 2.

Similaridade	Arquivo	Similaridade
100,00	1	100,00
59,26	2	59,26
35,19	3	35,19
75,93	9	75,93
22,22	11	22,22
48,15	12	48,15
33,33	13	33,33
33,33	14	33,33
48,15	15	48,15
59,26	16	59,26

Figura 2: Estrutura criada para se guardar a similaridade.

De acordo com o propósito deste protótipo definiu-se mostrar todos os casos da base para se mostrar na interface. Esta etapa complementa o processo de recuperação dos casos conforme mostrado na Figura 3. Os casos recuperados são apresentados para o usuário devidamente ordenados conforme sua similaridade com o caso de entrada.

Similaridade	Nome	Idade	Sexo	IMC	ICQ	% Gordura
100,00 %	CASO UM	33	MASCULINO	0,238	0,6529	27,03
75,93 %	CASO QUATRO	38	MASCULINO	0,2776	0,8	22,32
59,26 %	CASO DOIS	18	MASCULINO	0,2367	0,5398	15,87
59,26 %	CASO DEZ	53	MASCULINO	0,2482	0,8211	19,78
48,15 %	CASO SEIS	58	MASCULINO	0,2837	0,9341	30,36
48,15 %	CASO NOVE	43	FEMININO	0,2155	0,6904	24,2
35,19 %	CASO TRES	28	FEMININO	0,2094	0,6495	20,83
33,33 %	CASO SETE	63	FEMININO	0,2417	0,6545	30,21
33,33 %	CASO OITO	23	FEMININO	0,2106	0,7045	29,36
22,22 %	CASO CINCO	48	FEMININO	0,2769	0,8812	38,3

Classificação das testes físicos

Abdominal:

Flexão de cotovelo:

Sentar e levantar:

Classificação de aptidão física

Teste Cooper:

Teste de 1500:

Observações

☒ Entregaram material ou não em época adequada

☒ Força - hipertrofia muscular

Figura 3: Tela dos casos mais similares ordenados pela similaridade.

5.4. Reutilização

Segundo a figura 3 o caso que apresenta maior medida de similaridade com o caso de entrada é o caso 1 (um). A prescrição de exercícios associada ao caso um deve, então, ser reutilizada como projeto de prescrição para o caso de entrada.

Conforme comentado na introdução, este protótipo visa apenas a viabilidade do uso da técnica de RBC no projeto de prescrição de atividades físicas. Contudo, a complementação da tarefa do projeto de prescrição dar-se-á com a implementação do módulo de adaptação, onde o projeto de prescrição do caso mais similar recuperado é adaptado às condições do indivíduo do caso de entrada.

5.5. Módulo de Interface

O módulo de interface orienta o usuário na sua interação com o protótipo. O formulário inicial apresentado na Figura 4, mostra a tela inicial do programa.

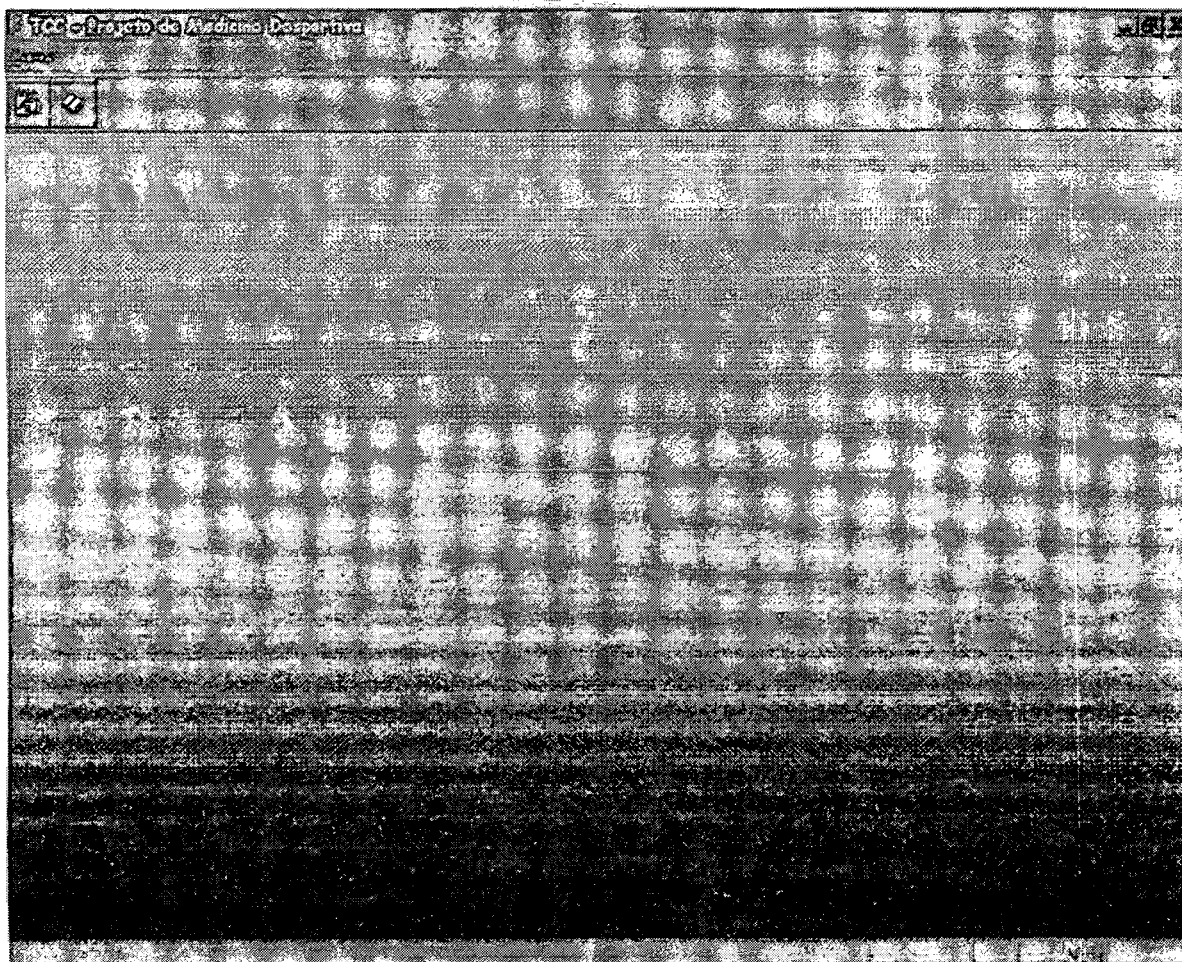


Figura 4: Tela inicial do Protótipo

Os botões apresentados na barra de tarefas possuem a função de gerenciamento das rotinas do caso de entrada e casos da base respectivamente. Quando o botão do caso de entrada é pressionado o formulário apresentado é o da Figura 5.

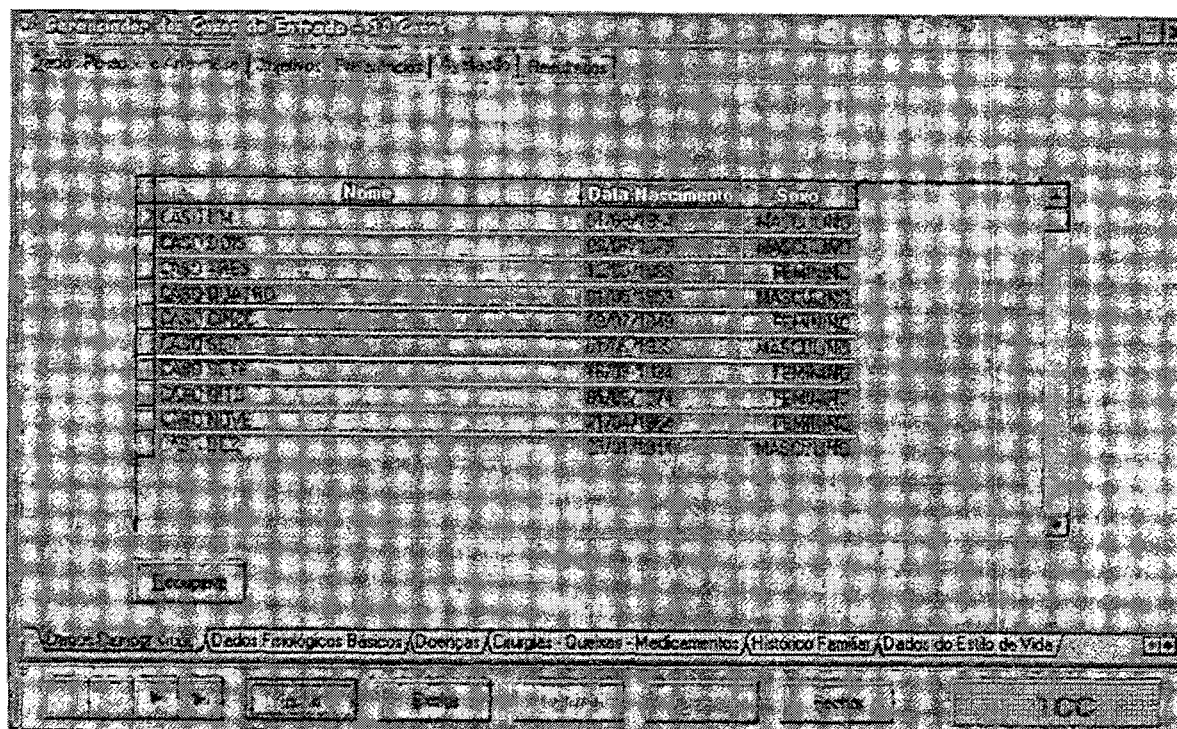


Figura 5: Gerenciador dos casos de entrada.

Este formulário apresenta as seguintes ações:

- Um botão de navegação para se movimentar entre os casos;
- Para incluir um caso de entrada o usuário pode pressionar o botão incluir;
- Para excluir um caso de entrada o usuário pode pressionar o botão excluir;
- Para confirmar a gravação de um caso de entrada o usuário pode pressionar o botão confirmar;
- Para cancelar a inclusão ou edição de um caso de entrada o usuário pode pressionar o botão cancelar;
- O botão fechar faz com que o formulário ativo seja fechado, retornando para o formulário anterior.
- O botão recuperar inicia o processo de recuperação de um caso similar com o caso de entrada escolhido;

A figura 6 apresenta o formulário de recuperação quando o botão recuperar é pressionado.

The screenshot shows a window titled 'Casos Recuperados de Caso'. It contains a table with the following data:

Similaridade	Nome	Idade	Sexo	IME	ICQ	Gravidade
75.93%	CASO UM	39	MASCULINO	0.238	0.8529	27.03
59.26%	CASO QUATRO	39	MASCULINO	0.2776	0.8	22.32
59.26%	CASO DOIS	18	MASCULINO	0.2367	0.9398	15.97
48.15%	CASO DEZ	53	MASCULINO	0.2482	0.8211	19.78
48.15%	CASO SEIS	58	MASCULINO	0.2837	0.9341	30.35
48.15%	CASO NOVE	43	FEMININO	0.2155	0.6804	24.2
35.19%	CASO TRES	28	FEMININO	0.2094	0.6495	20.83
33.33%	CASO SETE	63	FEMININO	0.2417	0.6545	30.21
33.33%	CASO OITO	23	FEMININO	0.2108	0.7045	20.36
22.22%	CASO CINCO	48	FEMININO	0.2769	0.8812	38.3

Below the table, there are several input fields and checkboxes:

- Elementos do teste físico:**
 - Abdominal: []
 - Respiração: []
 - Sistema circulatório: []
- Classificação da lesão física:**
 - Teste de força: []
 - Teste de resistência: []
- Outros:**
 - ☒ Simples/menor ou igual a 100g
 - ☒ Fogo Alérgico/mucosa

At the bottom, there are navigation buttons: 'Anterior', 'Próximo', 'Fechar', and 'Visualizar Caso Recup.'.

Figura 6: Apresenta os casos recuperados para o caso de entrada escolhido.

Este formulário apresenta as seguintes opções:

- Um botão de navegação para se movimentar entre os casos;
- O botão fechar faz com que o formulário ativo seja fechado, retornando para o formulário anterior;
- O botão visualizar orientação mostra o formulário de prescrição de atividades físicas para o caso recuperado. A Figura 7 apresenta este formulário.

Orientação para Prescrição de caso C-50 (UI) com 100% de limitação

Exercício 1

Atividade: CAMINHADA

Sessões por semana: 3 Duração: 00:30

Intensidade: 35 bpm

Velocidade:

Exercício 2

Atividade: NATAÇÃO

Sessões por semana: 2 Duração: 00:20

Intensidade: 35 bpm

Velocidade:

Exercício 3

Atividade:

Sessões por semana: Duração:

Intensidade: bpm

Velocidade:

Fechar TCC

Figura 7: Formulário de Prescrição de atividades físicas para o caso recuperado escolhido.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Com o desenvolvimento desse protótipo, verificou-se a eficiência da técnica de RBC no domínio da Educação Física, mais especificamente na área de projetos para Prescrição de Atividades Físicas. Com relação ao alcance dos objetivos deste trabalho, obteve-se os seguintes resultados:

- Representação do raciocínio do especialista em Educação Física ao realizar o diagnóstico;
- Simulação da tarefa do especialista em Educação Física ao realizar a prescrição para atividades físicas;
- Realização da Anamnese com o usuário;
- Interpretação dos seguintes questionários: Prontidão para atividade física (Q-PAF) e de Hábitos de Atividade Física, bem como de outras variáveis referentes aos dados de identificação e de saúde;
- Fornecimento dos seguintes resultados referentes à avaliação da composição corporal: IMC (índice de massa corporal), percentual de gordura, MCM (massa corporal magra), e Faixa de peso ideal.
- Informação sobre o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), indicação da condição cardiorrespiratória em que o usuário se encontra e indicação da zona alvo de treinamento para as sessões;
- Interpretação dos resultados dos testes físicos utilizados (flexibilidade, força abdominal e flexão do cotovelo) e classificação da sua condição atual;
- Elaboração da prescrição de um programa de Atividade Física levando em consideração as avaliações interpretadas para cada indivíduo.

Mesmo sem as etapas de adaptação e aprendizagem concluídas, mostra-se que RBC está representando a tarefa, que é viável, e as próximas etapas são consideradas, no sentido de anexar novos casos, pois a parte de pesquisa e de comprovação da viabilidade foi realizada.

Este trabalho representa um marco significativo no caminho da automação da prescrição de atividades físicas na Inteligência Artificial.

A próxima etapa desse sistema pode ser vista como uma fase de maturação. Pretende-se que o sistema seja utilizado por especialistas, que conduzirão experiências de uso do sistema, entrando com novos casos, e o acompanhamento.

Uma das grandes vantagens do RBC é, que, ao invés de necessitar a construção da prescrição partindo do início, a entrada do sistema é facilitada, e a partir do dados de entrada tem-se o projeto básico, precisando então apenas o detalhamento, da intensidade, do VO_2 , e dos fatores advindos da idade.

Sendo assim, levanta-se quais são realmente os elementos necessários para se fazer a adaptação. No momento em que o especialista começa a agregar e armazenar os novos casos na base estará fazendo aquisição do conhecimento específico para adaptação.

Quando o sistema alcançar um número de casos agregados em cada categoria que seja considerado apropriado para testar sua validade, a base prototípica estará também sendo validada. Pode-se então, concluir que falta uma categoria, ou que foram agrupados vários casos em uma categoria e nenhuma em outra. Porém, isto poderá acontecer apenas quando todas as categorias apresentarem uma média de casos com um desvio padrão considerado pequeno.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Heart Association. (1992). Statement on exercise, Circulation 86 (1), 2726-2730.
- Anshel, M. H.; Freedson, P.; Hamill, J.; Haywood, K.; Horvat, M. e Plowman S. A. (1991). Dictionary of the Sport and Exercise Sciences. Illinois: Human Kinetics.
- Astrand, P. O. e Rodahl, K. (1970). Textbook of Work Physiology. New York: McGraw-Hill.
- Barbanti, V. (1996). Treinamento Físico: Bases Científicas. São Paulo: CLR Balieiro.
- Beunen, G. e Borms, C. (1990). Cineantropometria: Raízes, Desenvolvimento e Futuro. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 4 (03).
- Blair, S. (1995). Exercise Prescription for Health. Quest, 47, 338-353.
- Caspersen, C. J.; Powell, K. E. e Christenson, G. M. (1985). Physical Activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. Public Health Reports.
- Colégio Americano de Medicina Desportiva. (1996). Manual para Teste de Esforço e Prescrição de Exercício, Rio de Janeiro: Ed. Revinter.
- Cooper, K. (1982). Exercício Aeróbico para o Bem Estar Total, Rio de Janeiro: Ed. Nórdica.
- Corbin, C. B. e Lindsey, R. (1997). Fitness for Life. Illinois: Scott Foresman.
- Cox, M. H. e Shephard, R. J. (1991). Employee fitness, absenteeism and job satisfaction. Dpto. of Preventive Medicine & Bioestatics. University of Toronto: Ontario.
- Dishman, R. K. e Sallis, J. F. (1994). Determinants and Interventions for Physical Activity and Exercise. In: Physical Activity, Fitness and Health. International Proceedings and Consensus Statement. Toronto: Human Kinetics.
- Durkin, J. (1994). Expert Systems Design and Development, : Prentice Hall.
- Fernandes, J. L. (1981). O treinamento desportivo. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda.
- Fox, E. e Mathews, D. K. (1986). Bases fisiológicas da educação física e dos desportos. Rio de Janeiro: Editora Guanabara.

- França, N. M. , Vivolo, M. A. (1996). Medidas Antropométricas. In: Testes em Ciências do Esporte. São Paulo: Editora Burti.
- Gevarter, W. B.(1984). Artificial Intelligence, Expert Systems, Computer Vision and Natural Language Processing. New Jersey: Noyes Publications.
- Gollnick, P. D. et al. (1985). Differences in metabolic potencial of skeletal muscle fibres and their significance for metabolism control. Journal of Experimental Biology. v.115, p.191-199.
- Heinisch, R. H.; Weber, R.; Martins, A.; Barcia, R. M. (1997). Representing Medical Decision Making Strategies in a CBR System (Artigo Submetido Para Workshop na Alemanha).
- Holloszy, J. O. e Coyle, E. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolism consequences. Journal of Applied Physiology, v.56, n.4,p. 831-839.
- Johnson, B. L. e Nelson, J. K. (1979). Pratical Measurements for Evaluation in Physical Education. Minnesota: Burgess Publishing Company.
- Kent, M. (1994). The Oxford Dictionary of Sports Science and Medicine. New York: Oxford University Press.
- Kiss, M. A. D.(1987). Avaliação em educação física: aspectos biológicos e educacionais. São Paulo: Manole.
- Kolodner, J. (1983). Maintaining organization in a dynamic long-term memory. Cognitive Science. 7 (4).
- Kolodner, J. (1983). Reconstructive memory: a computer model. Cognitive Science. 7 (4).
- Kolodner, J. (1993). Retrieval and organization strategies in conceptual memory: A computer Model. In: Case-Based Reasoning. Los Altos: Morgan Kaufmann Publishers, CA.
- Leake, D. (1996). Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons & Future Directions, California: AAAI Press/The MIT Press.
- Leake, D. (1996). CBR in Context: the present and the future. In: Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons & Future Directions, Cambridge: AAAI Press, MIT Press.

- Matsudo, V. K. R. (1997). "Agita São Paulo": passaporte para a saúde. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Atividade Física e Saúde. Florianópolis, p. 40-42.
- Mcardle, W. D., Katch, F. I. E Katch, V. L. (1996). Fisiologia do exercício. Rio de Janeiro: Editora Guanabara.
- Morris, J. N. Everitt, M. G. et. al. (1980). Vigorous Exercise in Leisure – Time : Protection Against coronary Heart Disease, Lancet.
- Morrow, J. R.; Jackson, A. W.; Disch, J. G. E Mood, D. P. (1995). Measurement And Evaluation in Human Performance. Champaign: Human Kinetics.
- Morton, A. R. (1982). Physical Activity and the Asthmatic. In: Year Book Medical Publisher of Sports Medicine in Corporation, Chicago.
- Nahas, M. V. (1989). Fundamentos da Aptidão Física Relacionada à Saúde. Florianópolis: Editora da UFSC.
- Nahas, M. V. (1996). Revisão de Métodos para determinação dos níveis de atividade física habitual em diversos grupos populacionais. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde. Londrina. v.1, n.4, 27-37.
- OMS (1994) - Organización Mundial De La Salud - Organización Panamericana de la Salud. Las condiciones de salud en las americas. Washington, v.1, n.549, p.336-342.
- Padão, M.e Monteiro, L.F.G. (1992). A Ginástica da Segurança. In: Revista Proteção Nº 18 Agosto/Setembro - Volume 04. pág. 192.
- Paffembarger, R.S.; Hyde, R.T. (1984). Exercise in the prevention of coronary heart disease. Preventive Medicine.
- Paffembarger, R.S.; Hyde, R.T.; Wing, A.L. et. al. (1986). Physical activity, all cause mortality, and longevity of college alumni. New England Journal of Medicine.
- Pate, R. R. (1995). Recent Statements and Initiatives on Physical Activity and Health. Quest 47, 304-310.
- Pate,R. R.; Pratt, M.; Blair, S.; Haskell, W.; Macera, C.; Bouchard, C.; Buchner, D.; Ettinger, W.; Health, G.; King, A.; Kriska, A.; Leon A.; Marcus, B.; Morris, J.; Paffenbarger, R.; Patrick,K.; Pollock, M.; Rippe, J.; Sallis, J.; Wilmore, J. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the center for disease

- control and prevention of the American College of Sports Medicine. Journal of American Medical Association. USA, 1, 273, n.5, p. 402-407.
- Plaza, E. & Aamodt, A. (1994). Case-Based Reasoning: Foundational Issues. Methodological Variations, and System Approaches. Artificial Intelligence Communications, 7(1), 39-59.
- Pollock, M. L.; Feigenbaum, M. S. E Brechue, W. F. (1995). Exercise Prescription for Physical Fitness. Quest, 47, 320-337.
- Porter, B. W. e Bareiss, E. R. (1986). Protos: An experimental in knowledge acquisition for heuristic classification tasks. In Proceedings of The First International Meeting on Advances in Learning (IMAL), 159-174. Les Arcs, France.
- Powell, K. e. et al. (1987). Physical activity and the incidence of coronary heart disease. Annual Review of Public Health, v.8, p. 253 - 287.
- Powers, S. K. et al. (1980). Comparasion of fat metabolism between trained men and women during prolonged aerobic work. Research Quarterly for Exercise and Sport, v.51, n.6, p. 435-439.
- Riesbeck, C. K. e Schank, R.(1989). Inside Case-Based Reasoning. Northvale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rippe, J. M.; Ward, A.; Porcari, J. P. e Freedson, P. S. (1988). Walking for health and fitness. JAMA, 259 (18), 2720-2724.
- Schank, R.(1982). Dynamic Memory : A theory of learning in computers and people. New York: Cambridge Univ. Press.
- Shepard, R. J. (1986). Economic benefits of enhanced fitness. Champaign, IL.: Human Kinetics Publishers.
- Shephard, R. J. (1994). Custos y beneficios de una sociedad deportiva avita v/s una sociedad sedentaria. Resúmenes del 3º Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte. Rosario, p.127-135, Maio.
- Simousdi, E. (1991). Special Issue on Case-Based Reasoning. International Journal of Expert Systems, 4(2).

- Skinner, J. S. (1997). Atividade Física e Saúde. In: Anais do Iº Congresso Brasileiro de Atividade Física e Saúde, pág.44a - 44c, Florianópolis, Santa Catarina.
- Skinner, J. S. (1991). Prova de Esforço e Prescrição de Exercício para Casos Específicos. Rio de Janeiro, Livraria e Editora Revinter. 339p.
- Tubino, M. J. G.(1992). Metodologia Científica do Treinamento Desportivo. São Paulo: Ed. IBRASA.
- Turban, E. (1995). Decision Support and Expert Systems - Management Support Systems. 4ª Edição, Ed. Prentice Hall International.
- Watson, I. Applying Case Based Reasoning. (1997). Califórnia: Morgan Kaufmann Publishers.
- Weber, R. (1996). Raciocínio Baseado em Casos. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.eps.ufsc.br:80/~martins/fuzzy/cbr/intro.htm>. 23 de outubro de 1996.
- Weber, R. (1997). Prudentia: enabling a real world application of case-based reasoning to jurisprudence research, Exame de qualificação submetido e aprovado no dia 4/10/1997 ao Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção.
- Wilmore, J. H. E Costill, D. L. (1994). Physiology of Sports and Exercise. Champaign: Human Kinetics.

ANEXOS

8. ANEXO 1 - DESCRIÇÃO DE UM CASO

Atributo	Explicação
Nome	Nome da pessoa.
DtNascimento	Data de Nascimento.
Sexo	Indica o sexo da pessoa. Para utilizar esta variável nas fórmulas adotadas pelo especialista utilizou-se a seguinte convenção: <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 – Masculino; ➤ 0 – Feminino.
FCRepouso	Indica a frequência cardíaca de repouso da pessoa.
PARepousoS	Indica a pressão arterial de repouso sistólica da pessoa.
PARepousoD	Indica a pressão arterial de repouso diastólica da pessoa.
Saúde	Refere-se a uma pergunta que o especialista faz a pessoa pedindo que a mesma classifique a sua condição de saúde atual. Utilizou-se a seguinte convenção: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ruim – 0; ➤ Regular – 1; ➤ Boa – 2; ➤ Excelente – 3.
RQPAF1	Refere-se a 1ª resposta do questionário de prontidão de atividade física que a pessoa é submetida. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
RQPAF2	Refere-se a 2ª resposta do questionário de prontidão de atividade física que a pessoa é submetida. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
RQPAF3	Refere-se a 3ª resposta do questionário de prontidão de atividade física que a pessoa é submetida. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
RQPAF4	Refere-se a 4ª resposta do questionário de prontidão de atividade física que a pessoa é submetida. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
RQPAF5	Refere-se a 5ª resposta do questionário de prontidão de atividade física que a pessoa é submetida. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
RQPAF6	Refere-se a 6ª resposta do questionário de prontidão de atividade física que a pessoa é submetida. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
RQPAF7	Refere-se a 7ª resposta do questionário de prontidão de atividade física que a pessoa é submetida. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QAFH1	Refere-se a 1ª resposta do questionário de atividade física habitual que a pessoa é submetida. Sendo que a pessoa informa o número de vezes que costuma praticar os exercícios em questão.

QAFH2	Refere-se a 2ª resposta do questionário de atividade física habitual que a pessoa é submetida. Sendo que a pessoa informa o número de vezes que costuma praticar os exercícios em questão.
QAFH3	Refere-se a 3ª resposta do questionário de atividade física habitual que a pessoa é submetida. Sendo que a pessoa informa o número de vezes que costuma praticar os exercícios em questão.
PesoUsual	Indica o peso usual da pessoa. O peso usual é aquele que a pessoa se acostumou a ter.
PesoAtual	Indica o peso atual.
PesoDesejado	Indica o peso desejado que a pessoa pretende alcançar ao se submeter a prescrição de atividades físicas.
Estatura	Indica a estatura.
BebidaQtde	Indica a quantidade de álcool de acordo com as medidas que a pessoa bebe ingere no intervalo de uma semana. Exemplo – 3 garrafas, 3 copos.
BebidaNVS	Indica o número de vezes por semana que a pessoa ingere álcool.
BebidaMedida	Indica a medida que corresponde ao tipo de bebida.
BebidaTipo	Indica o tipo de bebida consumido pela pessoa.
Sono	Indica a média das horas de sono de uma pessoa. Considerando o intervalo de uma semana.
PTLAtualGastrite	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia gastrite. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualDiabetes	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia diabete. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualCardiopatas	Indica se a pessoa tem atualmente algum tipo de cardiopatia. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualHas	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia has. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualCancer	Indica se a pessoa tem atualmente algum tipo de câncer. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualOsteoporose	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia osteoporose. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualInsonia	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia insônia. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualBronquite	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia bronquite. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualAsma	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia asma. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualAngina	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia angina. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualObesidade	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia obesidade.

	Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualAnorexia	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia anorexia. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualBulimia	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia bulimia. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualAnemia	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia anemia. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualColesterolemia	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia colesterolemia. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualRenais	Indica se a pessoa tem atualmente alguma doença renal. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualRinite	Indica se a pessoa tem atualmente a patologia rinite. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualTireoide	Indica se a pessoa tem atualmente problemas com a tireóide. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PTLAtualNeuromusculares	Indica se a pessoa tem atualmente algum problema neuromuscular. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
CirurgiaCardiovascular	Indica se a pessoa já realizou alguma operação cardiovascular. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
CirurgiaCesariana	Indica se a pessoa já realizou cirurgia de cesariana. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediInsulina	Indica se a pessoa toma atualmente algum medicamento que contenha insulina. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediModApetite	Indica se a pessoa toma atualmente algum tipo de moderador de apetite. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediDiureticos	Indica se a pessoa toma atualmente algum medicamento diurético. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediAntiHipertensivos	Indica se a pessoa toma atualmente algum antihipertensivo. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediHipoOral	Indica se a pessoa toma atualmente algum hipoglicemiante oral. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediAnalgAntiInfla	Indica se a pessoa toma atualmente algum analgésico ou antiinflamatório. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediTranquilizantes	Indica se a pessoa toma atualmente algum tranquilizante. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediAnsiolíticos	Indica se a pessoa toma atualmente algum ansiolítico. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.

MediAntidepressivos	Indica se a pessoa toma atualmente algum antidepressivo. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediLaxativos	Indica se a pessoa toma atualmente algum laxativo. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediHormonio	Indica se a pessoa toma atualmente algum tipo de hormônio. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MediBBloqueadores	Indica se a pessoa toma atualmente algum tipo de beta bloqueador. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaDorCostas	Indica se a pessoa tem alguma dor nas costas. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaDorCabeca	Indica se a pessoa tem alguma dor na cabeça. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaDorPeito	Indica se a pessoa tem alguma dor no peito. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaDorNuca	Indica se a pessoa tem alguma dor na nuca. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaInsonia	Indica se a pessoa tem algum problema com insônia. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaDorJoelho	Indica se a pessoa tem alguma dor nos joelhos. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaTontura	Indica se a pessoa tem algum problema com tonturas. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaFaltaAr	Indica se a pessoa tem alguma problema com falta de ar. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaDorPeitoEsforco	Indica se a pessoa tem alguma dor no peito quando submetida a esforços. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaDepressão	Indica se a pessoa tem algum problema com depressão. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaDorMuscular	Indica se a pessoa tem alguma dor muscular. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaSudorese	Indica se a pessoa tem alguma problema com sudorese. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaArritmia	Indica se a pessoa tem algum problema de arritmia. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaSonolencia	Indica se a pessoa tem problema de sonolência. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
QueixaCansaço	Indica se a pessoa tem reclamações de cansaço. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PaiDiabetes	Indica se o pai da pessoa envolvida tem diabete. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PaiCardiaco	Indica se o pai da pessoa envolvida é cardíaco. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PaiHipertenso	Indica se o pai da pessoa envolvida é hipertenso. Sendo

	que os valores possíveis são: True ou False.
PaiCancer	Indica se o pai da pessoa envolvida tem câncer. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PaiDoencasRespiratorias	Indica se o pai da pessoa envolvida tem algum tipo de doença respiratória. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PaiObeso	Indica se o pai da pessoa envolvida é obeso. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PaiColesterolemico	Indica se o pai da pessoa envolvida é colesterolêmico. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PaiAsma	Indica se o pai da pessoa envolvida tem asma. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PaiDoencasRenais	Indica se o pai da pessoa envolvida tem doenças renais. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PaiTireoide	Indica se o pai da pessoa envolvida tem algum problema com a tireóide. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeDiabetica	Indica se a mãe da pessoa envolvida tem diabetes. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeCardiaca	Indica se a mãe da pessoa envolvida é cardíaca. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeHipertensa	Indica se a mãe da pessoa envolvida é hipertensa. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeCancer	Indica se a mãe da pessoa envolvida tem câncer. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeOsteoporose	Indica se a mãe da pessoa envolvida tem osteoporose. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeDoencasRespiratorias	Indica se a mãe da pessoa envolvida tem alguma doença respiratória. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeObesa	Indica se a mãe da pessoa envolvida é obesa. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeAnorexica	Indica se a mãe da pessoa envolvida é anoréxica. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeBulimica	Indica se a mãe da pessoa envolvida é bulímica. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeAnemica	Indica se a mãe da pessoa envolvida é anêmica. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeColesterolemica	Indica se a mãe da pessoa envolvida é colesterolêmica. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeDoencasRenais	Indica se a mãe da pessoa envolvida tem alguma doença renal. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeTireoide	Indica se a mãe da pessoa envolvida tem algum problema com a tireóide. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
MaeAsma	Indica se a mãe da pessoa envolvida é asmática. Sendo

	que os valores possíveis são: True ou False.
TiosDiabetes	Indica se algum tio ou tia da pessoa envolvida é diabético. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
TiosCardiacos	Indica se algum tio ou tia da pessoa envolvida é cardíaco. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
TiosCancer	Indica se algum tio ou tia da pessoa envolvida tem câncer. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
TiosObesos	Indica se algum tio ou tia da pessoa envolvida é obeso. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
AvosDiabetes	Indica se algum avô ou avó da pessoa envolvida é diabético. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
AvosCardiacos	Indica se algum avô ou avó da pessoa envolvida é cardíaco. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
AvosAsma	Indica se algum avô ou avó da pessoa envolvida é asmático. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
AvosCancer	Indica se algum avô ou avó da pessoa envolvida tem câncer. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
AvosObesos	Indica se algum avô ou avó da pessoa envolvida é obeso. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
ObjetivoEmagrecer	Indica se o objetivo da pessoa com o protótipo é emagrecer / melhorar ou manter a aptidão cardiovascular.
ObjetivoForça	Indica se o objetivo da pessoa com o protótipo é ganhar força e hipertrofia muscular.
NVS	Indica o número de dias disponíveis no intervalo de uma semana que a pessoa tem para se dedicar a prática de exercícios.
TempoDisponivel	Indica o tempo disponível que a pessoa tem para se dedicar a cada seção.
PrefeCaminhar	Indica se a pessoa prefere caminhar. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeCorrer	Indica se a pessoa prefere correr. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefePedalar	Indica se a pessoa prefere pedalar. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeNadar	Indica se a pessoa prefere nadar. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeRemar	Indica se a pessoa prefere remar. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeSquash	Indica se a pessoa prefere jogar squash. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeAerobica	Indica se a pessoa prefere fazer aeróbica. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeStep	Indica se a pessoa prefere fazer step. Sendo que os valores

	possíveis são: True ou False.
PrefeBiciErgometrica	Indica se a pessoa prefere fazer bicicleta ergométrica. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeFutebol	Indica se a pessoa prefere jogar futebol. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeHidrogenastica	Indica se a pessoa prefere fazer hidroginástica. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeVolei	Indica se a pessoa jogar vôlei. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeBasquete	Indica se a pessoa jogar basquete. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeHandebol	Indica se a pessoa prefere jogar handebol. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeTenis	Indica se a pessoa prefere jogar tênis. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefePolo	Indica se a pessoa jogar pólo. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeSurf	Indica se a pessoa prefere surfar. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeMusculacao	Indica se a pessoa prefere fazer musculação. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
PrefeLocal	Indica se a pessoa prefere fazer ginástica localizada. Sendo que os valores possíveis são: True ou False.
DCSE	Indica o valor da dobra cutânea subescapular.
DCTR	Indica o valor da dobra cutânea tricipital.
DCSI	Indica o valor da dobra cutânea supra-iliaca.
DCPM	Indica o valor da dobra cutânea da panturrilha medial.
DCAB	Indica o valor da dobra cutânea do antebraço.
TempoMilha	Indica o resultado que a pessoa alcançou no teste da milha.
DistanciaCooper	Indica a distância alcançada no teste de cooper.
FCEsforco	Indica a frequência cardíaca de esforço alcançada no teste da milha ou de cooper.
ForcaABD	Indica o valor alcançado no teste de força abdominal.
ForcaMMSS	Indica o valor alcançado no teste de força dos membros superiores.
Flexibilidade	Indica o valor alcançado no teste de flexibilidade.
CircCintura	Indica a circunferência da cintura.
CircQuadril	Indica a circunferência do quadril.
PercentualGordura	Indica o percentual de gordura (campo calculado).
PesoGordura	Indica o peso gordura (campo calculado).
MCM	Indica a massa corporal magra (campo calculado).
FpesoMinima	Indica a faixa de peso mínima adequada para a pessoa (Campo calculado).
FpesoMaxima	Indica a faixa de peso máxima adequada para a pessoa (Campo calculado).

ImassaCorporal	Indica o índice de massa corporal (campo calculado)
IcinturaQuadril	Indica o índice de cintura quadril (campo calculado).
ClasFlexibilidade	Indica a classificação do teste de flexibilidade (campo calculado).
ClasAbdominal	Indica a classificação do teste abdominal (campo calculado).
ClasTesteCooper	Indica a classificação do teste de cooper (campo calculado).
ClasMilha	Indica a classificação do teste de milha (campo calculado).
ClasMMSS	Indica a classificação do teste dos membros superiores (campo calculado).
ClasQAFH	Indica a classificação do questionário de atividade física habitual (campo calculado).
FCAlvo	Indica a frequência cardíaca alvo (campo calculado).
PrescTpAtividade_1	Indica a atividade física a ser realizada pela pessoa.
PrescNVS_1	Indica o número de vezes por semana que a pessoa deve praticar o exercício determinado na PrescTpAtividade_1.
PrescDuracao_1	Indica o tempo que a pessoa deve praticar o exercício determinado na PrescTpAtividade_1.
PrescIntensidade_1	Indica a frequência cardíaca que a pessoa deve atingir ao praticar o exercício determinado na PrescTpAtividade_1.
PrescVelocidade_1	Indica a velocidade que a pessoa deve alcançar no exercício determinado na PrescTpAtividade_1.
PrescTpAtividade_2	Indica a atividade física a ser realizada pela pessoa.
PrescNVS_2	Indica o número de vezes por semana que a pessoa deve praticar o exercício determinado na PrescTpAtividade_2.
PrescDuracao_2	Indica o tempo que a pessoa deve praticar o exercício determinado na PrescTpAtividade_2.
PrescIntensidade_2	Indica a frequência cardíaca que a pessoa deve atingir ao praticar o exercício determinado na PrescTpAtividade_2.
PrescVelocidade_2	Indica a velocidade que a pessoa deve alcançar no exercício determinado na PrescTpAtividade_2.
PrescTpAtividade_3	Indica a atividade física a ser realizada pela pessoa.
PrescNVS_3	Indica o número de vezes por semana que a pessoa deve praticar o exercício determinado na PrescTpAtividade_3.
PrescDuracao_3	Indica o tempo que a pessoa deve praticar o exercício determinado na PrescTpAtividade_3.
PrescIntensidade_3	Indica a frequência cardíaca que a pessoa deve atingir ao praticar o exercício determinado na PrescTpAtividade_3.
PrescVelocidade_3	Indica a velocidade que a pessoa deve alcançar no exercício determinado na PrescTpAtividade_3.

9. ANEXO 2 - DEFINIÇÃO DE TERMOS

1. **ÁCIDO LÁTICO** - É um ácido orgânico de fórmula $C_3H_6O_3$, produto final do metabolismo anaeróbico (sem oxigênio) da glicose ou glicogênio. Durante o exercício, a contração muscular produz ácido lático quando o suprimento de oxigênio é insuficiente para reunir as necessidades de energias (Barbanti, 1979, p.4);
2. **ANAMNESE** - Declaração do histórico de doenças de determinada pessoa. É um meio importante para se iniciar o diagnóstico de muitos problemas de saúde (Kent, 1994, p.24);
3. **APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA** (ou resistência orgânica) - é a capacidade do organismo como um todo de resistir à fadiga em esforços de média e longa duração. Depende fundamentalmente dos sistemas cardiovascular e respiratório;
4. **APTIDÃO FÍSICA** - É a habilidade de executar as atividades do dia-a-dia com o mínimo de esforço (Corbin, 1997, p.2);
5. **ATIVIDADE FÍSICA** - É um termo geral que inclui esportes, dança, e as atividades realizadas no trabalho e em casa, tais como caminhar, subir escadas. Para Corbin (1997), quando as pessoas fazem atividade física com objetivo de ficarem com uma boa aptidão física, diz-se que estão fazendo exercícios. Apesar dos termos atividade física e aptidão física serem sensivelmente diferentes, eles são, muitas vezes, utilizados, com o mesmo significado;
6. **COMPOSIÇÃO CORPORAL** - Percentual relativo à gordura, músculo, osso e outros tecidos do corpo humano (Kent, 1994, p.26);
7. **CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO** - Chama-se de VO_2 máximo a mais alta captação de oxigênio alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar (Astrand e Rodahl, 1970). O VO_2 máx pode ser expresso em valores absolutos (l/min) ou em valores relativos ao peso corporal ($ml.Kg^{-1}.min^{-1}$) (Wilmore e Costill, 1994);
8. **DOBRA CUTÂNEA** - Também chamada de prega cutânea, é uma medida que visa avaliar, indiretamente, a quantidade de gordura contida no tecido celular subcutâneo e estimar a proporção de gordura em relação ao peso corporal do indivíduo (França, 1984);

9. DOENÇAS CRÔNICAS NÃO-TRANSMISSÍVEIS - Referem-se às doenças classificadas crônicas, porém sem a chance de transmissão;
10. ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS - Investigam a relação de causa e evidência entre as doenças;
11. FAIXA DE PESO RECOMENDADA - Faixa de peso em que a pessoa deve se encontrar para manter o controle do peso corporal;
12. HIPERLIPIDEMIA - É um aumento dos valores de colesterol e triglicerídeos sanguíneos;
13. ÍNDICE DE MASSA CORPORAL (IMC) - É a relação entre a massa corporal (Kg) e a estatura (cm), que proporciona uma estimativa da composição corporal e usada principalmente para avaliação do crescimento e estado nutricional (Anshel et al, 1991);
14. MET é a unidade usada para representar o equivalente metabólico da atividade. Um (1) MET corresponde a 3,5 ml/O₂/min/Kg (Kent, 1994);
15. SAÚDE - é uma palavra freqüentemente associada a um boa aptidão física, e refere-se à um estado físico, mental de bem estar;
16. VOLUME SISTÓLICO - é a quantidade de sangue alcançada em cada contração cardíaca. No adulto em repouso corresponde a aproximadamente 120-140 ml. O volume sistólico depende do tamanho do coração. Quanto mais forte for o batimento cardíaco maior é a “descarga” sistólica e vice-versa;